DETAIL AKUSTIK

Edisi Ketiga

Peter Lord Duncan Templeton

PENERBIT ERLANGGA

DETAIL AKUSTIK

Edisi Ketiga

Peter Lord & Duncan Templeton

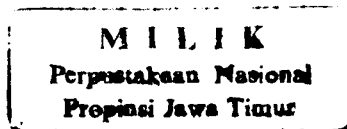
PENERBIT ERLANGGA
Jl. H. Baping Raya No. 100
Ciracas — Jakarta 13740
e-mail: mahameru@rad.net.id
(Anggota IKAPI)

Lord, Peter

Detail akustik/Peter Lord & Duncan Templeton; alih bahasa, Paulus Hanoto Adjie; editor, Nurcahyo Mahanani, Hilarius W. Hardani -- Ed. 3. --
Jakarta : Erlangga, 2001.
. . . hlm. ; . . . cm

Judul Asli : Detailing for acoustics
ISBN 979-688-167-5

1. Bunyi. I. Judul. II. Templeton, Duncan.
III. Adjie, Paulus H. IV. Mahanani, Nurcahyo.
V. Hardani, Hilarius W.

620.2

DETAIL AKUSTIK/Edisi Ketiga

Judul Asli:

DETAILING FOR ACOUSTICS/Third Edition
Peter Lord/Duncan Templeton

Alih Bahasa : **Ir. Paulus Hanoto Adjie**

Editor : Nurcahyo Mahanani, S.T., M.M.
Hilarius W. Hardani, S.T.

Buku ini diset dan dilayout oleh Bagian Produksi ***Penerbit Erlangga*** dengan Power Mac G4 (Helvetica 10 pt).

Dicetak oleh : **PT. Gelora Aksara Pratama**

05 04 03 02 01 8 7 6 5 4 3 2 1

DAFTAR ISI

1 MAKSUD DAN TUJUAN

Latar Belakang Edisi ke-3

Edisi ketiga? Kami terperanjat dengan minat yang ditunjukkan pada edisi pertama dan kedua dari buku ini, khususnya pada spesifiknya masalah yang diliput, yaitu kinerja akustik dari komponen-komponen bangunan. Permintaan yang langsung ditujukan kepada kami untuk memperoleh satu eksemplar buku ini dari beberapa sumber menandakan bahwa di pasaran buku ini sudah habis sehingga perlu dipertimbangkan untuk mencetaknya lagi. Edisi ketiga dari koleksi detail-detail ini memberi kami kesempatan untuk menambah, memperbaharui dan mengoreksi materialnya. Kira-kira sepertiga dari material dalam buku ini merupakan material baru.

Hanya ada sedikit alasan untuk sekedar mencetak ulang isi edisi sebelumnya. Jelas ada keinginan untuk memanfaatkan kesempatan ini untuk memperbaharui informasi-informasi teknis apabila memungkinkan, karena inovasi merupakan bagian yang tak terpisahkan dari industri konstruksi seperti juga yang lainnya dan harus diakui keberadaannya. Lebih dari itu, kami mengucapkan terima kasih atas kritik yang membangun dari Richard Cowell dari Arup Acoustics yang menyampaikan, bahwa cara membagi material yang dibahas dan cara penyusunannya masih dapat diperbaiki lagi.

Keterangan atas gambar-gambar pada edisi sebelumnya ditulis dengan tangan dan diproduksi ulang dalam bentuk yang sama, kadang-kadang sulit dibaca. Oleh karena itu cara lama telah diganti dengan menggunakan huruf cetakan yang lebih memudahkan para pembaca.

Seperti sebelumnya, penulis merasa sangat berhutang budi kepada para produsen komponen bangunan, yang banyak di antaranya telah mengizinkan kami mencetak ulang informasi teknis dan data-data mengenai produk-produk mereka. Bantuan tersebut sudah sepatutnya kami hargai dan kami catat pada halaman-halaman yang bersangkutan.

Selalu saja ada kekurangan material yang dapat digunakan dalam praktek yang berkaitan dengan akustik bangunan dan arşitektur, misalnya jika dibandingkan dengan matematika maupun fisika bunyi. Buku ini sebagian besar terdiri dari contoh-contoh detail yang ditujukan sebagai referensi untuk para arsitek, mahasiswa, ahli struktur dan jaringan, dan juga para perancang interior. Buku ini didasarkan pada beberapa pengetahuan dasar akustik walaupun lampiran-lampirannya telah dicoba untuk dapat memberikan detail-detail teknis yang jika tidak disajikan di sini harus dicari dari berbagai sumber. Liputan yang sangat luas tidak berarti bahwa isinya telah jelas sehingga tidak diperlukan bantuan dari para ahli lagi. Penggabungan komponen-komponen dan pemilihan material merupakan target yang terus berkembang dan halaman-halaman buku ini dapat ditambah terus menerus tanpa batas pada pemilihan standar dan contoh-contoh yang telah dilaksanakan.

Sumber-sumber

Sejauh memungkinkan, hasil pengujian laboratorium diperoleh untuk standar penggabungan material: seringkali dasar-dasar yang populer dapat dicari dari berbagai sumber, dengan sedikit perbedaan pada temanya. Untuk partisi ringan atau langit-langit khususnya, informasi dari produsen merupakan data yang penting. Data tersebut harus diolah dengan hati-hati karena hasilnya mungkin diambil dari yang terbaik. Material yang disajikan sedapat mungkin telah dibuktikan. Merk dagang, spesifikasi dan rujukan diberikan jika memang sangat perlu karena produk-produk tersebut sering berubah dan terus berkembang.

Format

Bahan-bahan yang ada terdiri dari detail-detail elemen standar konstruksi bangunan dan diagram-diagram untuk mengetahui prinsip-prinsip dasarnya. Elemen-elemen standar memperhitungkan aspek-aspek isolasi dan penyerapan suara. Untuk kasus yang pertama, biasanya disajikan dalam satu ukuran saja; untuk reduksi suara, angkanya berkisar dari 100 - 3150 Hz (dengan angka yang umumnya terdapat dalam daftar untuk oktaf dengan gelombang frekuensi tengah 125, 250, 500, 1000, 2000 dan 4000 Hz, atau sepertiga dari oktaf). Sebagai tambahan pada grafik-grafik, sekarang diberikan tabel angka-angka standar yang dicapai. Detail-detail komponen dari para ahli disajikan juga sebagai ilustrasi dalam pemakaian khusus dan bukan untuk dicontoh pada proyek lain: kami ingin menumbuhkan dialog dengan para konsultan akustik, bukan menggantikan peran mereka. Secara umum, dalam edisi ini detail-detail direproduksi dengan skala 1:5, kecuali jika disebutkan lain.

Isi

Isolasi bunyi yang disebutkan dari penggabungan komponen-komponen, tidak dimaksudkan sebagai cara untuk menetapkan nilai yang pasti untuk setiap komponen. Penggabungan yang khusus tidak akan mempunyai angka ajaib sebab hasilnya tergantung dari lingkungan di mana komponen tersebut digunakan. Mengambil contoh satu jenis partisi, kinerja isolasi bunyi tidak hanya tergantung dari unsur-unsur yang ada dalam potongan partisi saja, tetapi juga dari ukuran, tingkat keterbatasan pada semua sisi, efek pembelokan, dan kemampuan absorpsi ruang. Nilai yang ditunjukkan hanya sebagai angka rata-rata dan dua elemen dengan angka rata-rata yang sama mungkin mempunyai transmisi suara yang jauh berbeda untuk tingkat frekuensi tertentu. Atas dasar alasan ini, kinerja beberapa contoh penting diilustrasikan sepanjang rentang frekuensinya.

Bentuk nilai tunggal digunakan untuk memberi pilihan pada elemen konstruksi yang sebanding dan konsisten dalam terminologi akustik: seperangkat alat bagian dari elemen dapat disusun menjadi satu di mana tidak ada bagian dari keseluruhannya yang secara signifikan lebih lemah dari bagian lain. Dalam hal ini pintu-pintu dan jendela merupakan suatu masalah, karena pada dasarnya mereka lebih ringan daripada dinding atau partisi di mana pintu dan jendela disisipkan dan berkaitan langsung dengan masalah adanya celah, tetapi secara keseluruhan tidak hilang jika pintu dan jendela tidak sesuai dengan standar seperti halnya dinding-dinding di sekelilingnya dan langit-langit, dan hasil dari penggabungannya dapat dipelajari.

Falsafah yang menyatakan bahwa mata rantai yang terlemah merupakan kekuatan seluruh jalinan rantai, adalah analog dari komponen-komponen pada sistem reproduksi suara dengan kualitas tinggi. Kehati-hatian diperlukan dalam membuat detail-detail hubungan khususnya di mana detail konstruksi yang tidak kontinu digunakan untuk mencapai isolasi suara yang baik. Usaha-usaha untuk menekan biaya melalui tahapan desain tidak boleh membiarkan bagian dari kit diturunkan mutunya untuk memenuhi batasan biaya.

Dalam hal nilai peredaman suara, angka-angka tersebut harus digunakan dalam hubungannya dengan angka-angka dalam tabel untuk mendapatkan jumlah total efek peredaman dalam ruang tertentu. Dalam suatu ruang yang lebih besar, misalnya ruang kantor dengan sistem denah terbuka, karakteristik langit-langit dan lantai seharusnya mendapat perhatian khusus.

Informasi yang ada hanya dapat merefleksikan tingkat kemajuan yang saat ini terjadi. Kita harus tetap mempunyai mata yang jeli untuk selalu mencari perkembangan baru dan menarik yang dapat membantu dalam menghadapi masalah yang mungkin sukar dihindarkan dalam bangunan-bangunan yang lebih ringan dan dengan adanya tingkat kebisingan yang tinggi di luar bangunan.

Proses Desain

Sebagai pengetahuan dasar dalam hal akustik, harap baca tulisan awal ini. Detail-detail yang dicontohkan di sini dimaksudkan untuk membantu dalam pelaksanaan prakteknya sebagai ujung dari proses desain itu sendiri, dan bukannya sebagai tahapan konsep yang penting.

Langkah-langkah dalam desain akustik pada saat membangun proyek disajikan secara ringkas untuk menunjukkan gambaran menyeluruh tentang semua masukan yang diperlukan. Konsultan akustik harus dimintakan pendapatnya jika memang diperlukan pengecekan mendetail tentang karakteristik suaranya. Di Inggris sudah ada daftar yang memuat nama-nama konsultan akustik yang diterbitkan oleh Institute of Acoustics atau Association of Noise Consultants . Biaya konsultasinya dapat bervariasi dari beberapa ribu poundsterling untuk survei tingkat kebisingan suara di lapangan termasuk laporannya, sampai 0,5% dari total biaya konstruksi mulai dari awal sampai akhir keterlibatannya dalam proyek besar termasuk auditorium atau studio, atau bahkan sampai 1% atau lebih untuk proyek dengan kebutuhan desain yang sangat khusus.

1. Penjelasan

Klien dapat memperinci semua standar yang dikehendaki pada bangunan yang sudah jadi atau, lebih sering terjadi, fungsi-fungsi yang disebutkan akan menentukan pemakaian bahan-bahannya. Lingkup permasalahan akustik harus didefinisikan dengan baik, dan kriteria target harus ditetapkan pada

tahapan ini. Latar belakang tingkat kebisingan dapat diambil untuk membantu pembuatan ketentuan studi atau untuk menentukan posisi yang terbaik dari suatu bangunan di lokasi. Kuantifikasi sumber-sumber suara yang saling berdekatan dapat mempengaruhi desain kulit luar bangunan untuk mengurangi intrusi (gangguan) suara. Survei kebisingan suara yang dilakukan harus mengikuti suatu sistem yang meliputi pengumpulan informasi, pencatatan kondisi cuaca, penyebutan detail instrumen yang digunakan dan kalibrasinya, unit ukuran yang dipakai, posisi di lokasi ketika melakukan pengumpulan data dan tanggal maupun waktu saat pengambilan sampel. Mungkin bermanfaat juga jika merujuk pada prosedur yang sudah baku, seperti misalnya "British Standard". Seluruh pengukuran harus dilakukan oleh orang yang memang kompeten untuk tugas tersebut.

2. Pemilihan tapak

Jika ada banyak tapak yang dapat dipilih, sumber-sumber kebisingan suara dapat dimasukkan bersama dengan kriteria-kriteria lingkungan lain dalam matriks pembanding untuk menetapkan tapak yang paling sesuai. Undang-undang di Eropa mensyaratkan adanya studi lingkungan untuk proyek-proyek besar yang jauh melampaui kepentingan lokal, atau proyek-proyek di daerah yang sensitif. Kerjasama yang erat dengan para perancang tapak dan arsitek lansekap, termasuk arsitek bangunannya, mungkin sangat membantu.

3. Garis-garis besar Desain

Bentuk bangunan mungkin membolehkan adanya "pembatas" yang menyaring ruang-ruang yang sensitif, dan tata letak ruang mungkin dapat menempatkan ruang yang membutuhkan ketenangan diletakkan jauh dari ruang-ruang yang gaduh, dengan memanfaatkan penutupan celah-celah, membatasi ruang, dan tidak berhubungan langsung dengan sumber bunyi dari luar gedung yang memang signifikan.

4. Desain detail

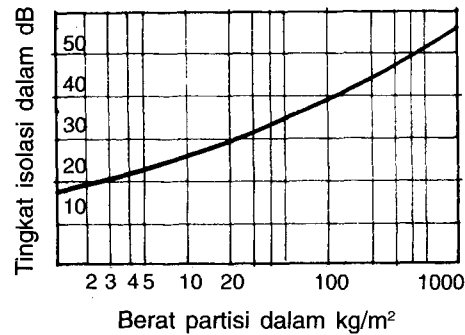
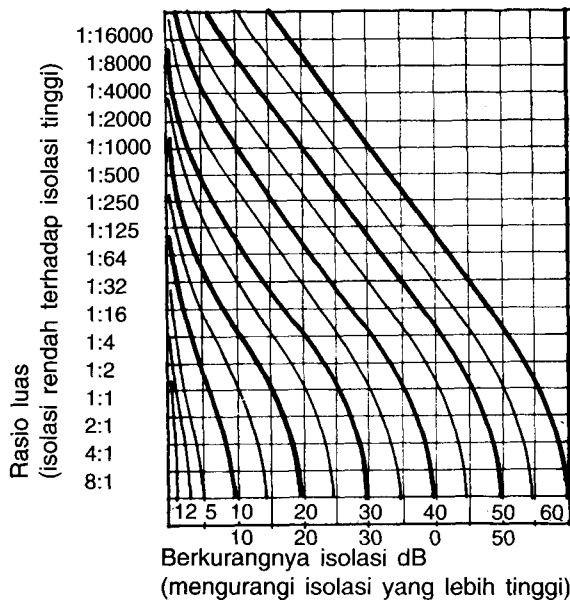
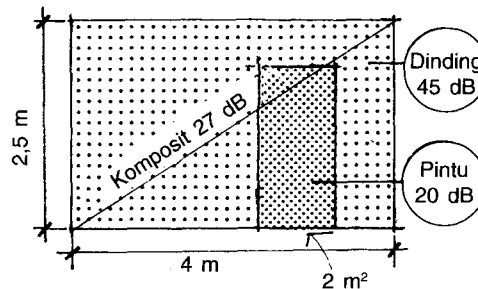
Pengujian di laboratorium untuk komponen-komponen bangunan atau sistem dapat juga dilakukan. Hal ini dapat sejalan dengan pedoman dari NAMAS (National Measurement Accreditation Service) yang merekomendasikan agar lembaga-lembaga pengujian hendaknya memiliki:

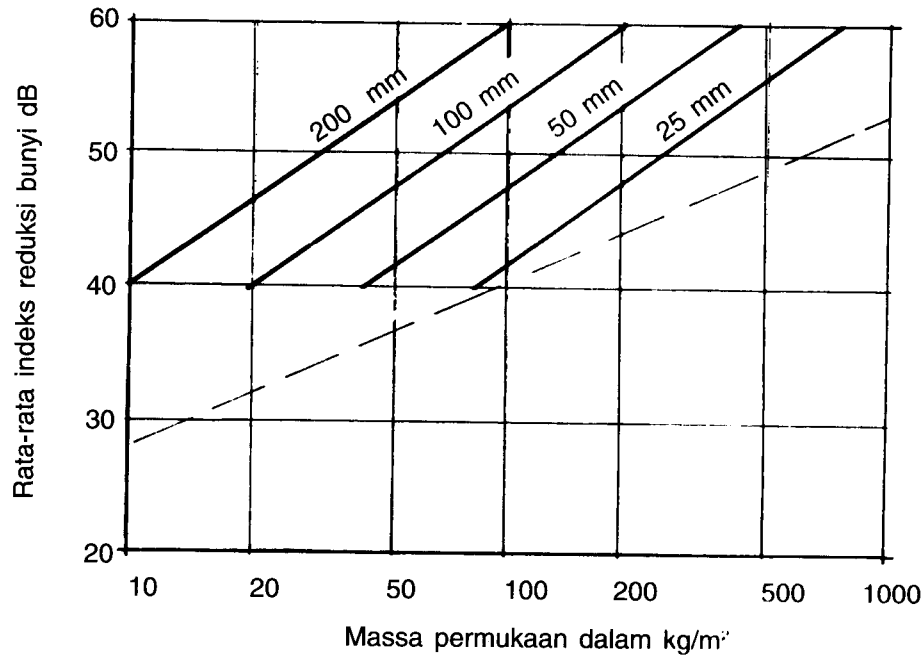
- struktur manajemen yang jelas dengan garis tanggung jawab yang tegas dalam kegiatan pengujian;
- staf yang berkualitas dan sesuai;
- peralatan dan fasilitas yang sesuai untuk aktivitas pengujian yang selalu siap sedia dan terpelihara dengan baik;
- instrumen-instrumen yang disesuaikan dengan standar nasional yang berlaku;
- memiliki prosedur tertulis dan selalu diperbaharui (*up dated*);
- menyimpan catatan dengan baik; memberikan label pada sampel uji yang dilaksanakan, mencatat hasil persiapan, keterangan tentang material, tingkat ketidakpastian dari hasil pengujian yang dihasilkan;
- kerahasiaan/keamanan dari semua benda uji;
- memonitor kondisi, misalnya kelembaban udara dan temperatur.

5. Komisioning

Tergantung dari kewajiban yang disebutkan dalam kontrak, peran komisioning dapat sebagai saksi dari suatu pembuktian suatu pengujian, maupun pengukuran. Dalam hal instalasi elektro-akustik dan sistem penguat ucapan, diperlukan instruksi awal dari petugas operasinya.

2 ISOLASI BUNYI

Isolasi Bunyi yang Merambat Melalui Udara

Dalil massa untuk isolasi bunyi

Elemen-elemen komposit struktur

Untuk dinding tunggal, berat per satuan luas dinding hanya merupakan indikasi dari tingkat kemampuan isolasinya. Hasil pengukuran yang menunjukkan bahwa kemampuan isolasi di bawah kemampuan yang diharapkan dapat terjadi antara lain karena: efek resonansi dan efek berbagai pantulan suara; dinding yang terpuntir; sisi luar dinding yang terjepit. Konstruksi dinding komposit yang terdiri dari beberapa lapis material yang berbeda jenisnya akan memperbaiki isolasi suara melebihi kemampuan isolasi yang diharapkan karena: sifat elastis pemasangan panel, konstruksi yang diskontinu, adanya dua atau tiga lapis dinding dengan rongga-rongga udara di dalamnya. Elemen dinding pemisah yang berat berfungsi efektif untuk bunyi dengan tingkat frekuensi yang rendah.

Indeks reduksi bunyi (SRI) dari dinding komposit yang membatasi dua ruangan, atau dinding luar sebuah ruangan yang dilengkapi jendela, dapat diperoleh dari angka yang ditunjukkan pada gambar kurva di sebelah kiri. Sebagai contoh adanya efek tersebut juga ditunjukkan dalam gambar tersebut. Dinding seluas 10 m² dan mempunyai kadar isolasi 45 dB, kadar isolasi dinding kompositnya menjadi 30 dB setelah diberi sebuah lubang berukuran 100 mm × 100 mm.

Dalil massa untuk dinding tunggal menunjukkan adanya hubungan timbal balik empiris yang terjadi antara SRI (Indeks Reduksi Bunyi) dan berat per satuan luas pada dinding pemisah yang mempunyai dua lapis permukaan. Pada dinding tunggal, kurva-kurva ini hanya merupakan indikasi karena SRI akan bervariasi tergantung dari frekuensi suaranya.

Jarak maksimum antara kedua permukaan *(d)* relatif terhadap massa total *(m)* agar frekuensi resonansinya (f_r) lebih rendah dari 50 Hz.

$$f_r = \frac{120}{\sqrt{md}} \text{ Hz}$$

Hubungan empiris untuk partisi dengan lapisan ganda

Partisi dengan lapisan tunggal

ukurannya berbeda untuk jarak rongga antar permukaan.

$R = 34 + 20 \log (md)$

di mana R adalah rata-rata indeks reduksi suara (dB)

m adalah massa total (kg/m²) dan d adalah jarak antara lapisan *(m)*

Dalil massa untuk kebanyakan frekuensi bunyi termasuk juga untuk berbagai sudut garis pantulan suara pada dinding pemisah padat adalah:

$R_{bidang} = 7{,}6 \log M$ dB di mana M dalam kg/m². —■—

Rumus prediksi lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Laboratorium Fisika Nasional, untuk indeks reduksi bunyi di atas 100—3150 Hz:

   R = 14,5 log M + 10 dB. —+—

2. Dalil massa AAC, ditemukan oleh Airo/Celcon Ltd./Thermalite Ltd. Untuk membandingkan secara lebih dekat beton cetak berongga dengan ketebalan bervariasi, dalam pengujian lapangan:

   $R = 22{,}9 \log M - 4{,}2$ dB —×—

   dan

   $R_w = 27{,}7 \log M - 1{,}6$ dB.

Peraturan Bangunan Bagian E menawarkan pedoman cara menghitung massa bidang dinding; nilai massa permukaan lain dapat diperoleh dari BS 648:

Ketinggian koordinasi Dinding tembok (mm)	Formula yang digunakan
75	M = T(0,79 D + 380) + NP
100	M = T(0,86 D + 255) + NP
150	M = T(0,92 D + 145) + NP
200	M = T(0,93 D + 125) + NP

di mana

M = massa bidang seluas 1 m² dalam kg/m²;

T = ketebalan dinding tembok dalam meter (yaitu tebal sebelum diplester);

D = kerapatan *(density)* unit-unit pembuat tembok dalam kg/m³ (pada kandungan kelembaban 3%);

N = jumlah permukaan yang disempurnakan (jika tidak disempurnakan N = 0, jika disempurnakan pada satu sisi N = 1, jika disempurnakan di kedua sisinya N = 2);

P = massa 1 m² dinding sempurna dalam kg/m² (lihat bagian atas kolom berikut).

Penyempurnaan Massa plester (diasumsikan ketebalannya 13 mm)	
Plester semen	29 kg/m²
Gips	17 kg/m²
Ringan	10 kg/m²
Papan plester	10 kg/m²

Tidak ada definisi yang ditetapkan untuk kondisi padat jika digunakan pasangan blok beton dalam tembok beton padat . Terminologi ini harus berarti 2000+ kg/m³. Kepadatan produk Forticrete sebesar 2200 kg/m³, mendekati kepadatan beton bertulang cor di tempat (2360 kg/m³). Beberapa data dari blok beton Edenhall:

Ketebalan (mm)	Blok Evalite 1400 kg/m³		Blok Evalast 2000 kg/m³	
	BeronggaPadat (dB)	Berongga (dB)	Padat (dB)	(dB)
75	—	39	—	43
90	—	40	—	43
100	—	41	—	43
140	41	43	44	45
150	42	44	44	46
190	43	45	46	47
200	43	45	46	48
215	44	46	47	48

Angka-angka tersebut adalah untuk pekerjaan plester satu muka pada frekuensi yang berkisar antara 100-3150 Hz.

Dalam teori, rata-rata indeks reduksi suara akan bertambah 6 dB/kelipatan-dua dari massa permukaan. Dalam prakteknya, hanya ≤ 5 dB/kelipatan-dua. Untuk material yang tipis, seperti kaca, tingkat 4 dB/kelipatan-dua seringkali dipengaruhi oleh pantulan resonansi:

$f_c = \frac{12000}{d}$ di mana f_c adalah frekuensi kritis dan d adalah ketebalan kaca. Pada frekuensi kritis, kemampuannya turun dengan jelas (5—10 dB).

Ruang hunian

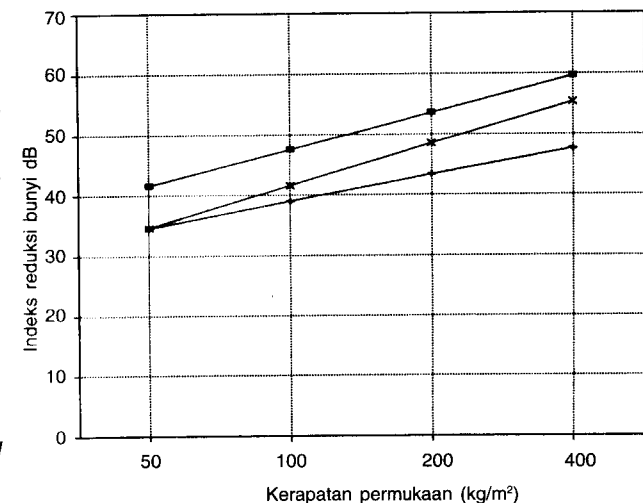
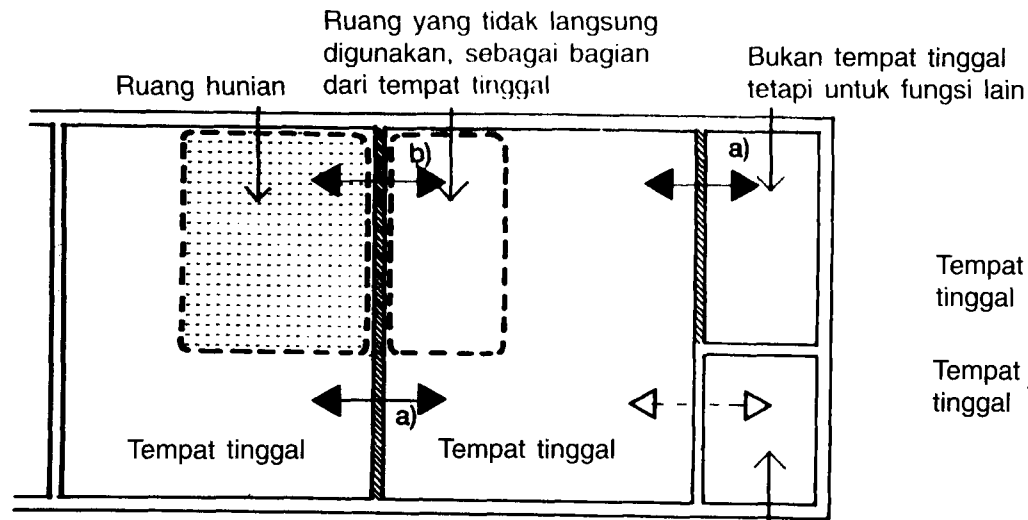
Ruang yang tidak langsung digunakan, sebagai bagian dari tempat tinggal

Bukan tempat tinggal tetapi untuk fungsi lain

b)

a)

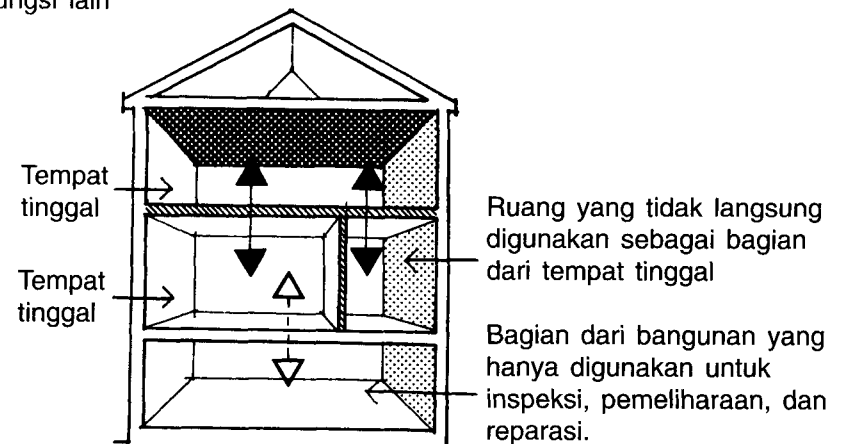
Tempat tinggal

Tempat tinggal

Tidak ada persyaratan sebagai ruang, hanya digunakan untuk reparasi dan pemeliharaan

Tempat tinggal

Tempat tinggal

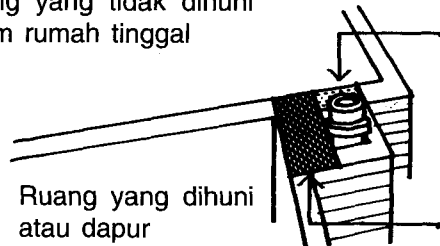
Ruang yang tidak langsung digunakan sebagai bagian dari tempat tinggal

Bagian dari bangunan yang hanya digunakan untuk inspeksi, pemeliharaan, dan reparasi.

E1 Persyaratan dokumen yang disetujui: Bunyi yang merambat melalui udara (dinding)

E2 Bunyi yang merambat melalui udara: lantai

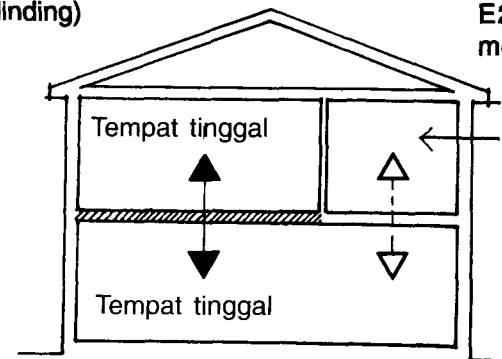
Cerobong Sampah

Ruang yang tidak dihuni dalam rumah tinggal

Ruang yang dihuni atau dapur

Berat dinding dan plester sekurang-kurangnya 220 kg/m²; misalnya 103 mm bata biasa dan plester

Berat dinding dan plester sekurang-kurangnya 1320 kg/m²; misalnya 610 mm beton padat.

Tempat tinggal

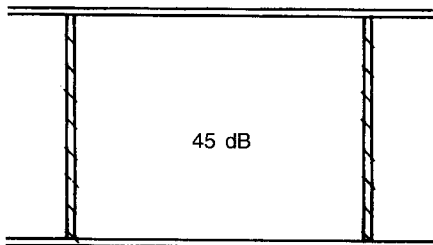
Tempat tinggal

Bagian bangunan hanya untuk inspeksi pada saat pemeliharaan atau reparasi, saluran atau permesinan atau perlengkapan yang terpasang dengan tetap.

E3 Bunyi benturan: lantai

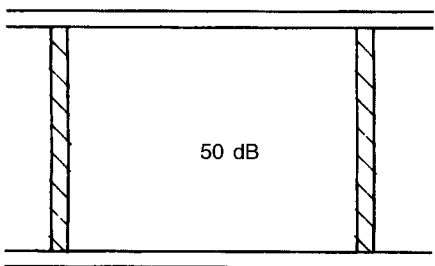
Dinding atau lantai yang mempunyai ketahanan tertentu terhadap bunyi yang merambat melalui udara (lihat dokumen yang disetujui)

Lantai yang mempunyai ketahanan tertentu terhadap bunyi benturan

Sumber: Peraturan Bangunan 1991 (diperbaiki 1992)

Perumahan

1. Standar minimal untuk sekolah menengah

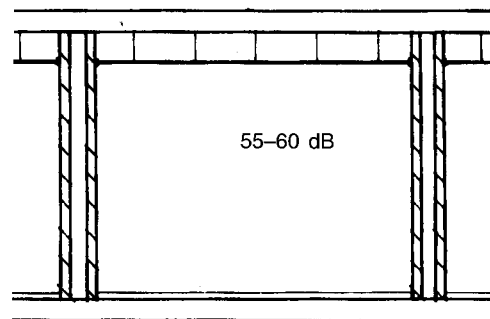
Suara musik terdengar jelas antar ruang yang bersebelahan
Resiko saling mengganggu cukup tinggi.
Relatif murah.
Dinding: Dinding blok beton dengan kerapatan medium 100 mm: atau dinding bata yang kedua sisinya diplester setebal 115 mm; atau partisi panel gips 2 sisi masing-masing setebal 12,5 mm dengan rangka di tengah dari logam ukuran 48 mm, rongga di antara kedua panel gips diisi serat dari bahan mineral.

Lantai: Beton padat ketebalan 100 mm

2. Standar yang baik untuk sekolah menengah

Suara musik masih terdengar dari ruang yang bersebelahan
Walaupun sudah berkurang, masih ada resiko saling mengganggu
Lebih mahal dinding:

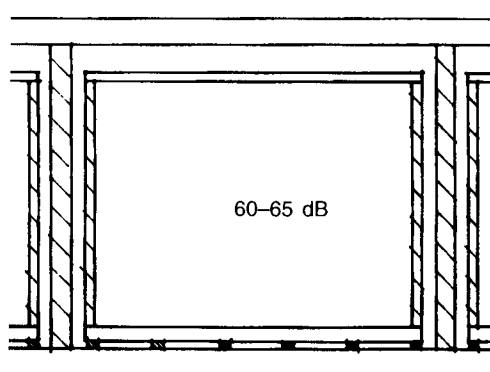
Dinding bata 200 mm, atau blok beton berongga setebal 250 mm diplester di kedua sisinya; atau partisi panel gips 2 sisi masing-masing tebal 12,5 mm dengan rangka di tengah dari logam ukuran 146 mm, rongga di antara kedua panel gips diisi serat dari bahan mineral.

Lantai: Beton bertulang, ketebalan 200 mm

55–60 dB

3. Standar yang baik untuk universitas/sekolah tinggi

Beberapa jenis musik masih dapat terdengar namun tidak mengganggu Resiko saling mengganggu rendah Perlu ventilasi cukup dan perawatan rutin agar kemampuan mereduksi suara tetap terjaga. Mahal

Dinding: Blok beton padat setebal 100 mm diplester pada kedua sisinya, blok beton berongga minimal 150 mm (rongga blok beton diisi serat dari bahan mineral).

Lantai: Lantai papan "chipboard" setebal 25 mm dengan rangka lantai yang kokoh dan cukup lentur; atau lantai semen setebal 50 mm sebagai lapisan permukaan lantai yang lentur di atas dasar lantai beton cor di tempat dengan ketebalan 200-300 mm; atau plafon yang diplester setebal 25 mm, atau menggunakan 2 lapis langit-langit plasterboard.

4. Standar yang sangat baik untuk universitas/sekolah tinggi

Sesekali suara masih terdengar walaupun dalam tingkat yang sudah tidak berarti. Resiko saling mengganggu sangat kecil. Perlu perawatan yang rumit. Sangat mahal.

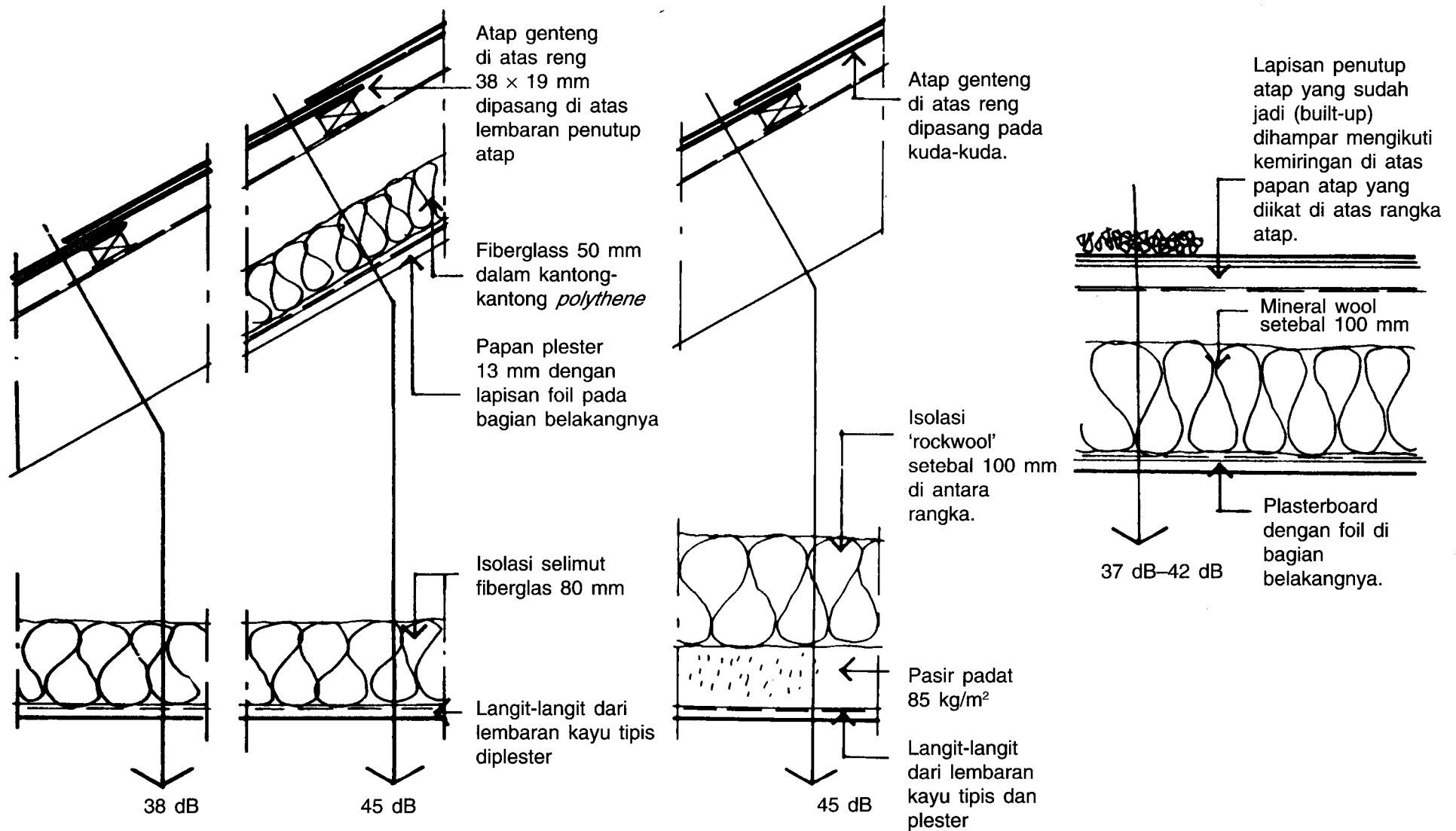
Bagian luar ruang:
Dinding: dinding bata setebal 230 mm atau blok beton padat setebal 200 mm, diplester pada kedua sisinya.
Lantai: lantai beton cor di tempat setebal 300 mm.
Bagian dalam:

Dinding: blok beton kerapatan medium setebal 100 mm
Lantai: beton dengan dasar lantai yang lentur setebal 150 mm
Rongga udara: minimal 100 mm
Atap: Beton/serat kayu setebal 100 mm
Suara bising kontinu
NR Maksimum 30, NR Minimum 25

Sumber: Arup Acoustics

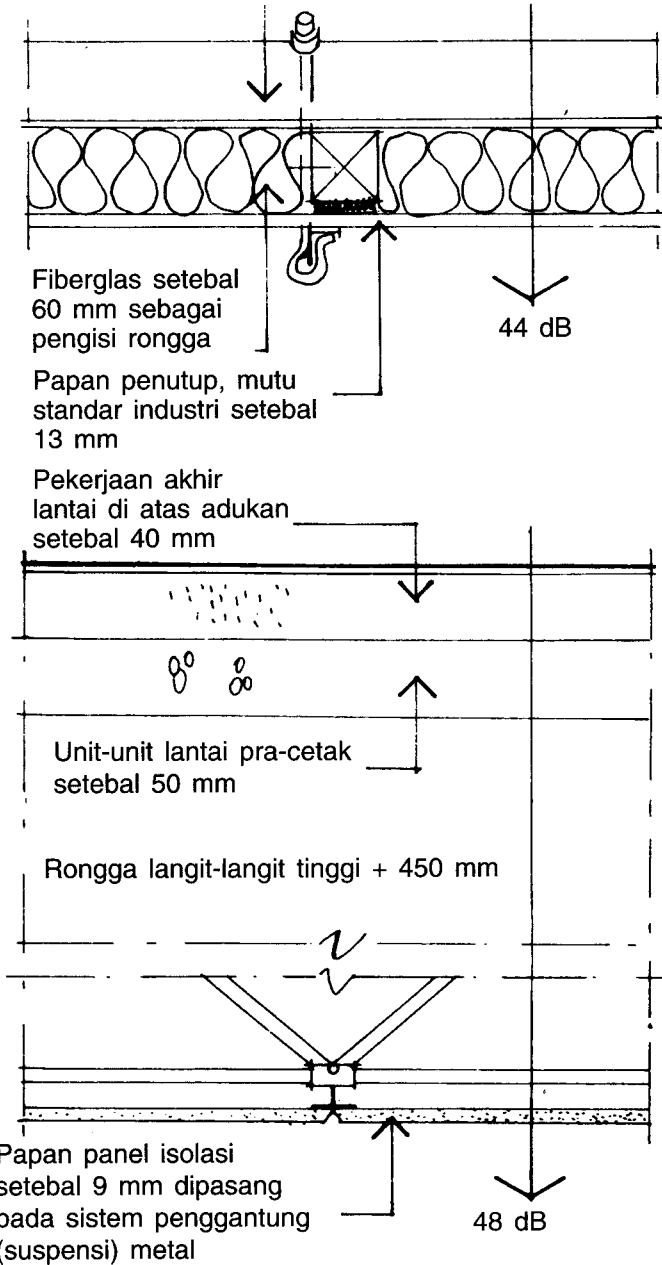
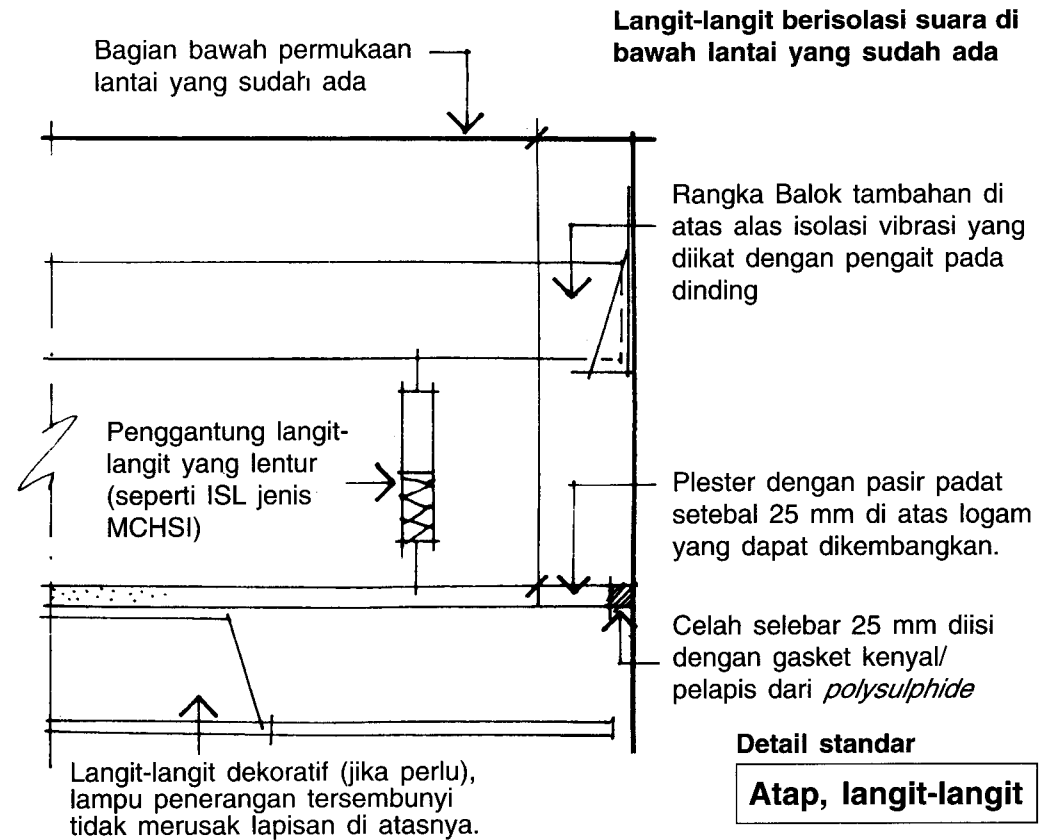
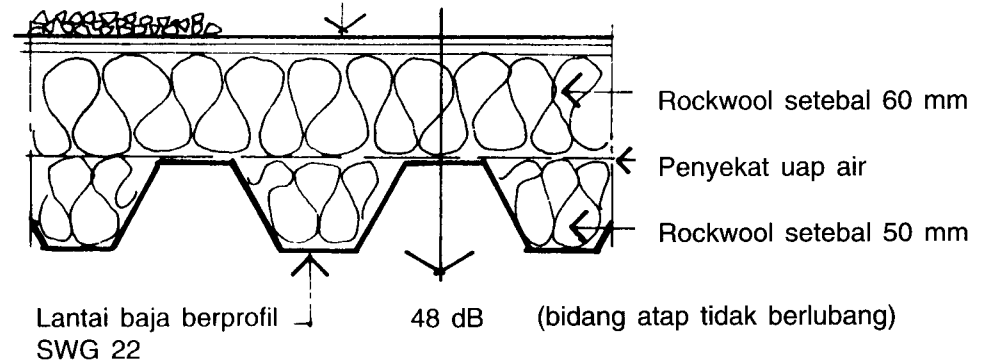
Jenis umum Isolasi suara dan konstruksi

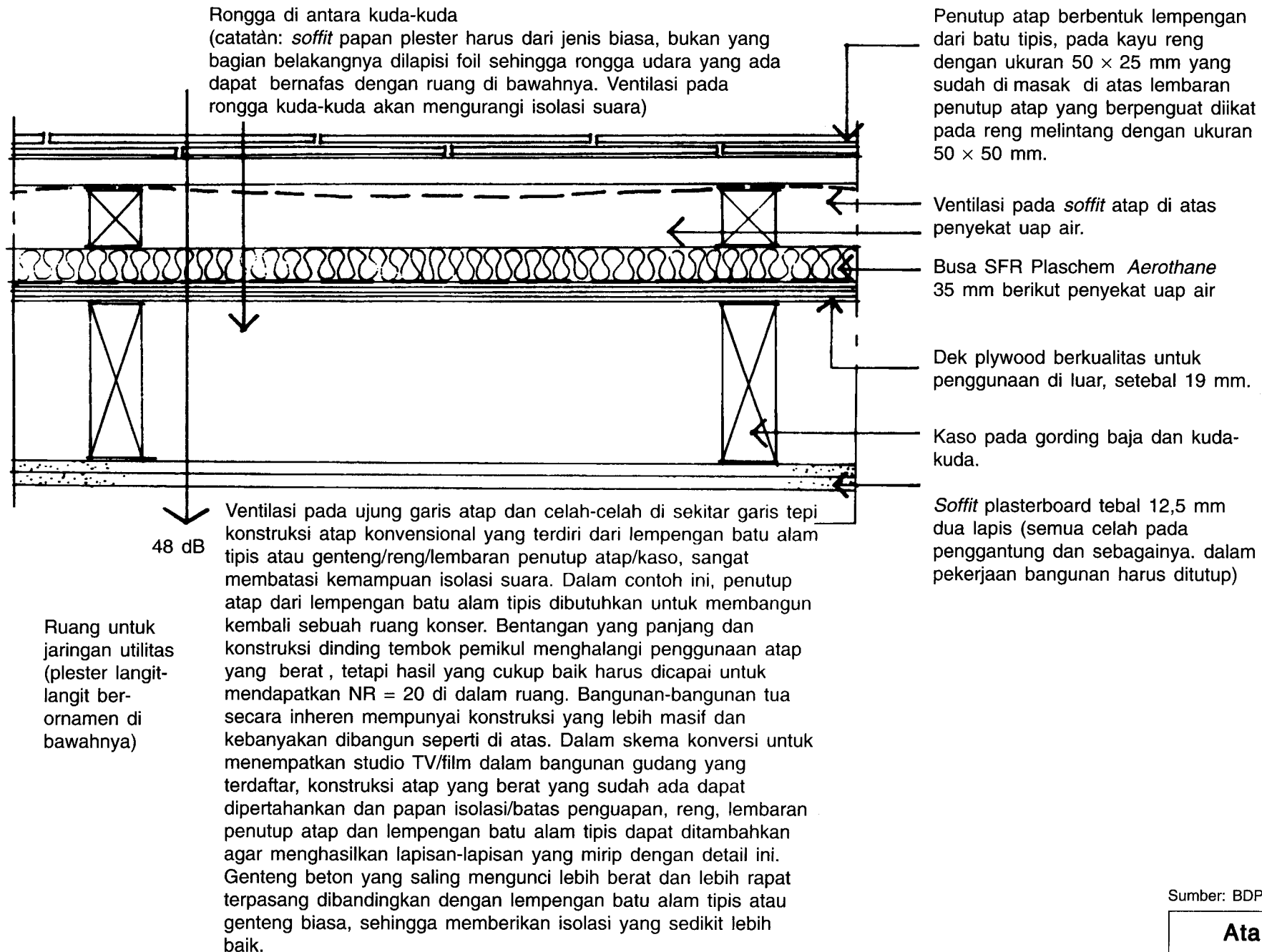
Kegunaan ruang	Deskripsi ruang	Kegiatan utama	Bentuk, Luas lantai, Ketinggian, Volume, Dimensi Ukuran Umum dan kisarannya.	Penyelesaian akhir permukaan	Jumlah gaung per detik	Variabel Akustik
Ruang berlatih /kelompok	Untuk berlatih perorangan atau kelompok sampai 6 murid	Untuk mengajar dan berlatih instrumen bagi perorangan dan kelompok terbatas.	Berbentuk persegi. Masing-masing dinding yang berseberangan lebih baik tidak sejajar. 8 m² × 2,7 m tinggi, berkisar antara 6–15 m², 2,7–3 m tinggi.	Bagian terbesar keras dengan lantai karpet. Beberapa dinding dan langit-langit penyerap suara.	0,4–1,0	Disukai. Variasi sederhana dengan menggunakan tirai.

Sumber: Draft D.E.S. Design Note 17.

Pedoman pembuatan langit-langit dapat diperoleh di Laporan CIRIA 114: *Sound Control for Homes* oleh *J. Miller*

Penampilan dari beberapa konstruksi umum

Atap

Langit-langit berisolasi suara di bawah lantai yang sudah ada

Detail standar

Atap, langit-langit

Ruang untuk jaringan utilitas (plester langit-langit berornamen di bawahnya)

Ventilasi pada ujung garis atap dan celah-celah di sekitar garis tepi konstruksi atap konvensional yang terdiri dari lempengan batu alam tipis atau genteng/reng/lembaran penutup atap/kaso, sangat membatasi kemampuan isolasi suara. Dalam contoh ini, penutup atap dari lempengan batu alam tipis dibutuhkan untuk membangun kembali sebuah ruang konser. Bentangan yang panjang dan konstruksi dinding tembok pemikul menghalangi penggunaan atap yang berat, tetapi hasil yang cukup baik harus dicapai untuk mendapatkan NR = 20 di dalam ruang. Bangunan-bangunan tua secara inheren mempunyai konstruksi yang lebih masif dan kebanyakan dibangun seperti di atas. Dalam skema konversi untuk menempatkan studio TV/film dalam bangunan gudang yang terdaftar, konstruksi atap yang berat yang sudah ada dapat dipertahankan dan papan isolasi/batas penguapan, reng, lembaran penutup atap dan lempengan batu alam tipis dapat ditambahkan agar menghasilkan lapisan-lapisan yang mirip dengan detail ini. Genteng beton yang saling mengunci lebih berat dan lebih rapat terpasang dibandingkan dengan lempengan batu alam tipis atau genteng biasa, sehingga memberikan isolasi yang sedikit lebih baik.

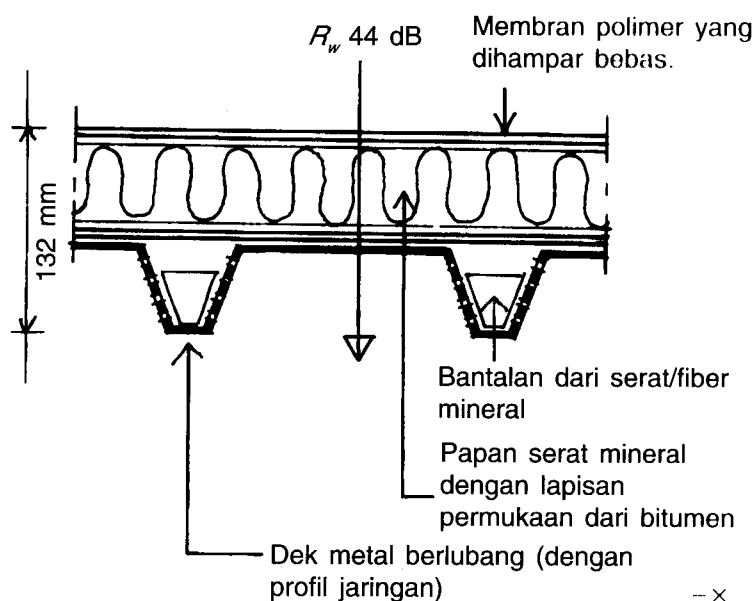
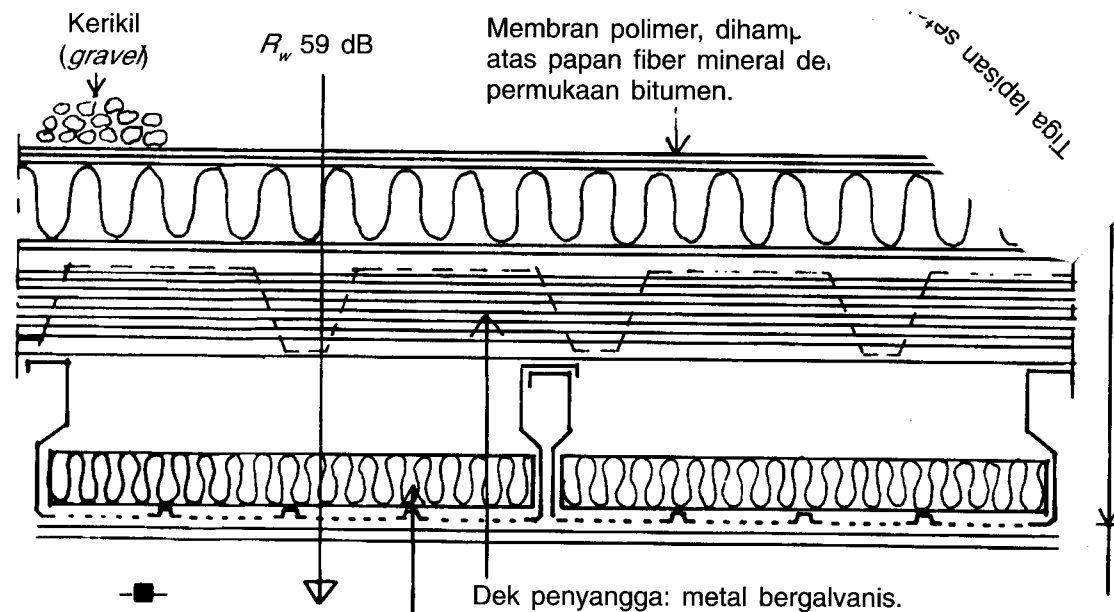
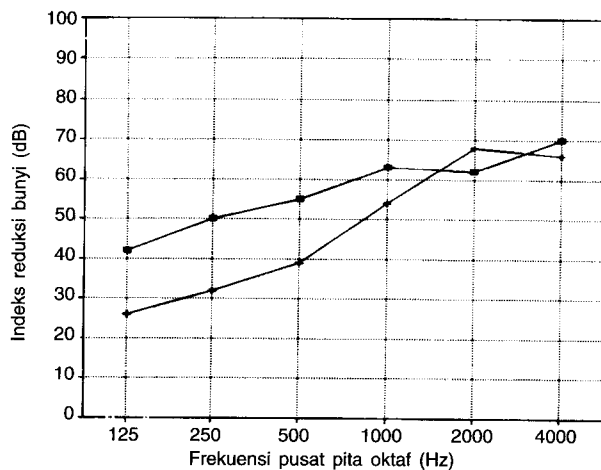
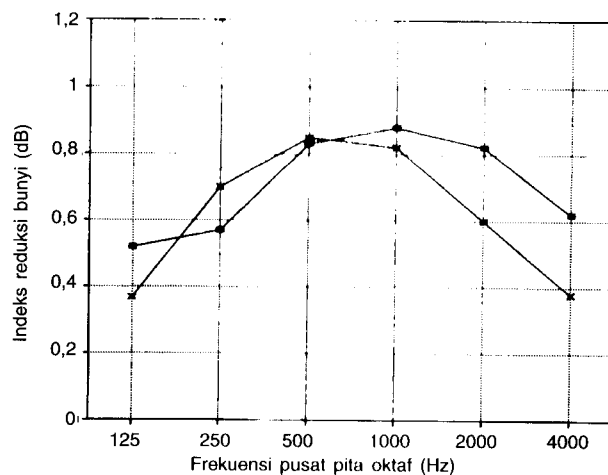
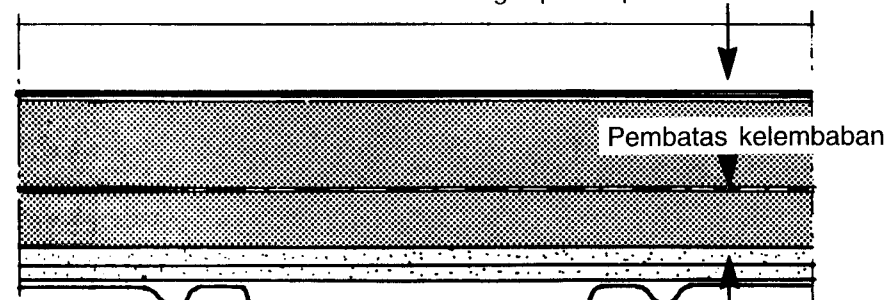
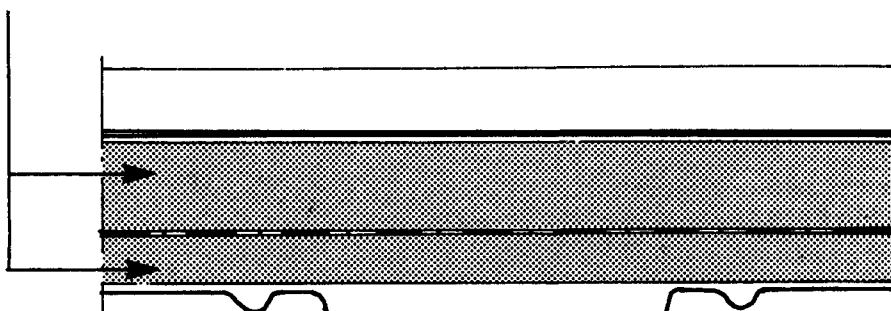
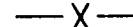
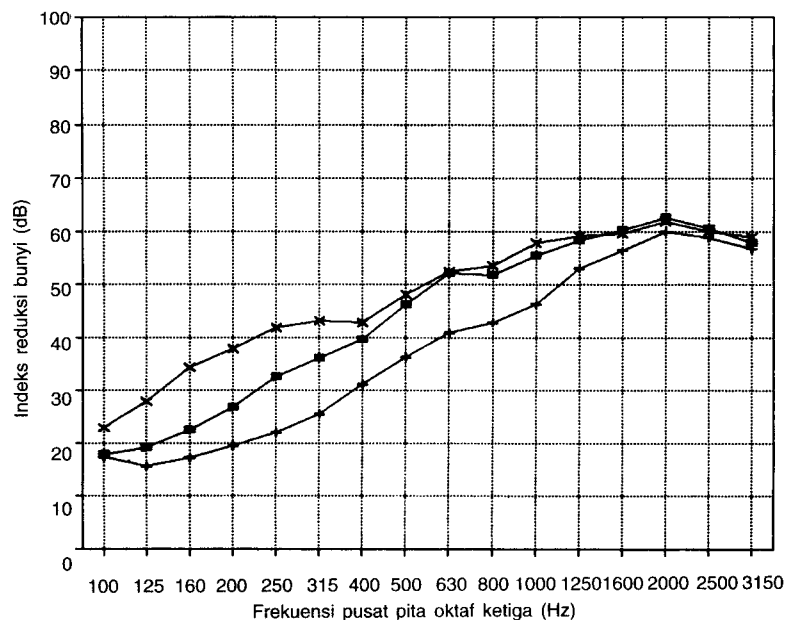
Sumber: BDP

Tujuan dari detail ini terutama untuk memenuhi Undang-undang Bangunan di London dengan mempertimbangkan penyekatan kebakaran. Meskipun demikian, konstruksi ini sangat baik, untuk menghindari masuknya suara pada pertemuan antara dinding pemisah dan *soffit* atap.

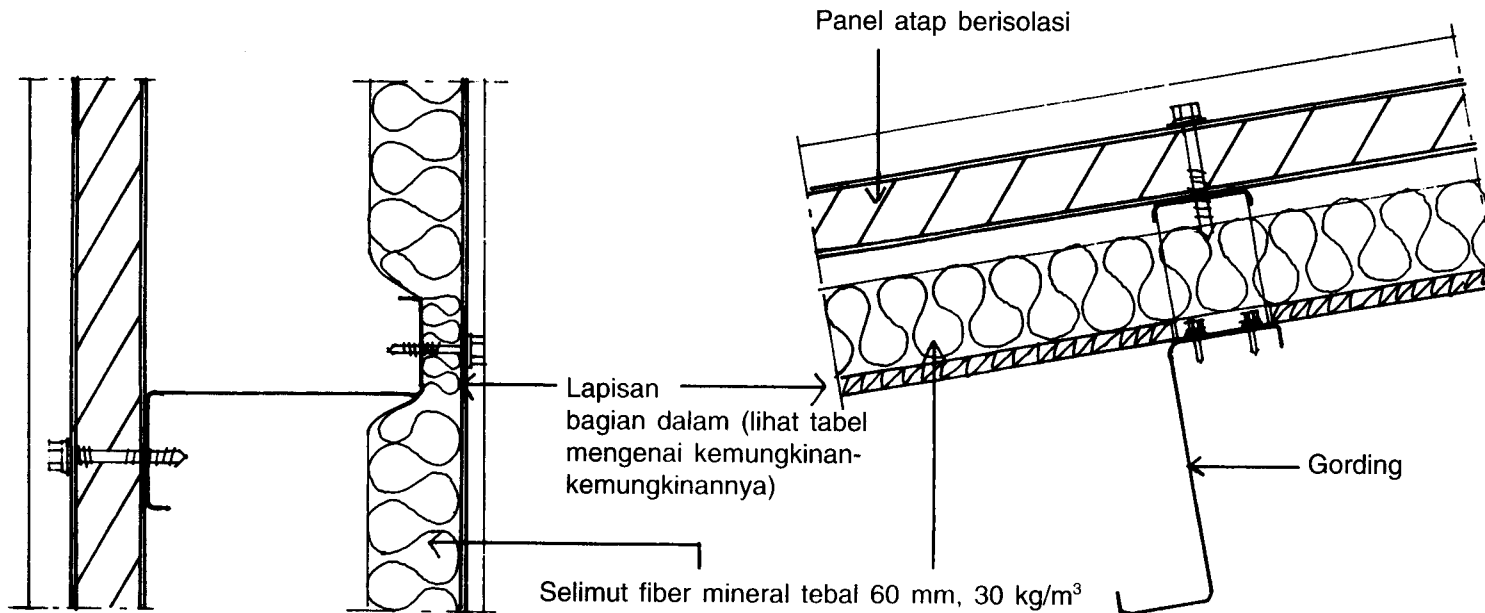
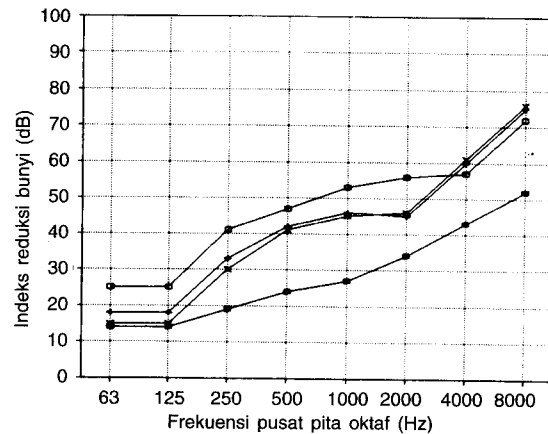
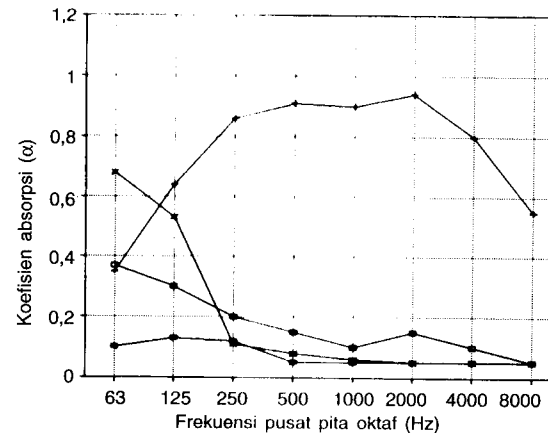
Cara menghindari masuknya bunyi melalui dinding pemisah.

Pengintegrasian isolasi suhu untuk memenuhi standar yang berlaku juga dapat memberikan tambahan isolasi pada struktur dari bunyi yang terjadi akibat benturan. Serupa halnya dengan ini kita dapat mengisolasi bunyi yang ditimbulkan oleh kendaraan pada sistem parkir di atas atap dengan menggunakan dek yang dipisahkan dari slab struktural oleh membran anti air dan isolasi papan yang kaku—prinsip atap terbalik.

Isolasi terhadap bunyi benturan.

Sumber: GLC

Sistem atap konstruksi ringan 'Superalpha' dari Axter Ltd.
Massa permukaan 25 kg/m²

Sistem atap 'Thermoson A' dari Axter Ltd.
Massa permukaan 141 kg/m².

125	250	500	100	2000	4000	Hz	R_w	Kunci
42	50	55	63	62	70	dB	59	-■-
26	32	39	54	68	66	dB	44	-×-

125	250	500	100	2000	4000	Hz	Kunci
0,52	0,57	0,83	0,88	0,82	0,62	α	-■-
0,37	0,70	0,85	0,82	0,60	0,36	α	-×-

Hasil-hasil ini mengindikasikan efek penurunan kualitas pada dek metal berlubang, atau peningkatan kualitas dengan penambahan massa permukaannya.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci
22,9	27,9	34,4	37,9	41,9	43,2	42,8	48,1	52,4	53,6	57,8	59,1	59,6	61,9	60,0	58,9	dB	50	–×–
17,4	15,6	17,2	19,4	22,0	25,6	31,2	36,3	40,9	42,8	46,4	53,1	56,4	59,9	58,8	56,7	dB	35	–+–
17,8	19,2	22,5	26,8	32,6	36,1	39,6	46,1	52,1	51,8	55,4	58,3	60,2	62,6	60,5	57,9	dB	42	–■–

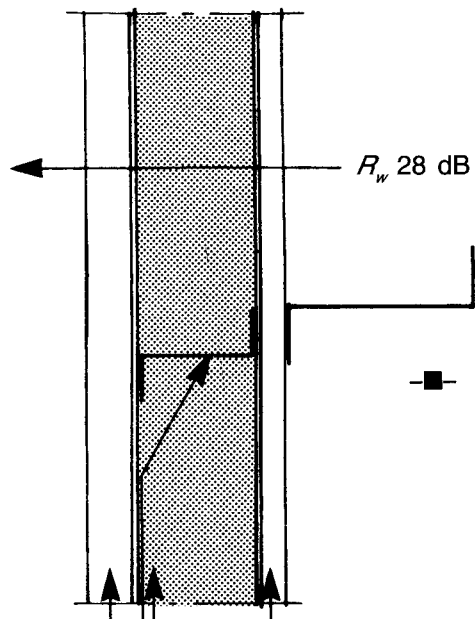
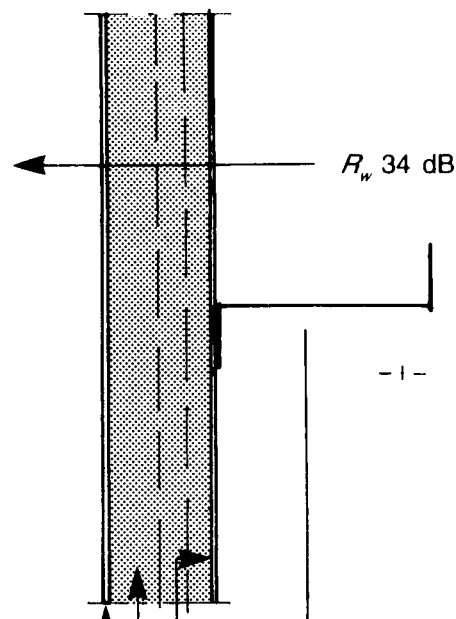
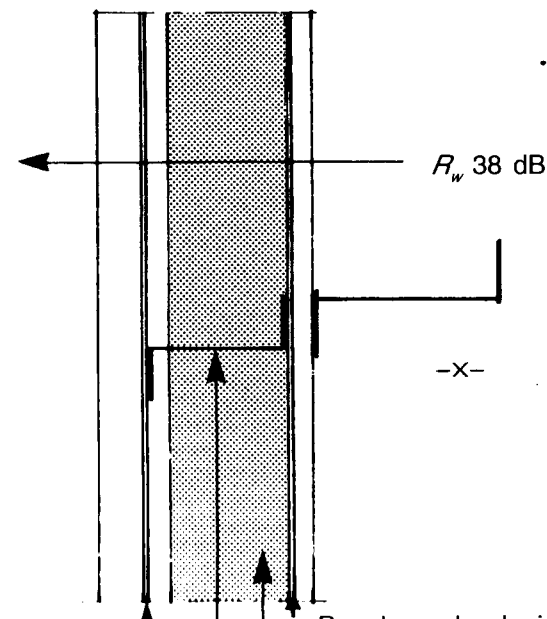
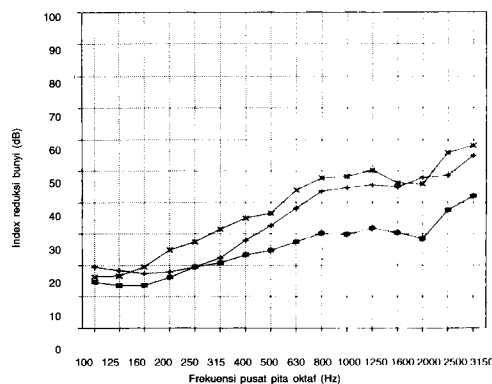
Sumber: Plannja Ltd/
University of Salford

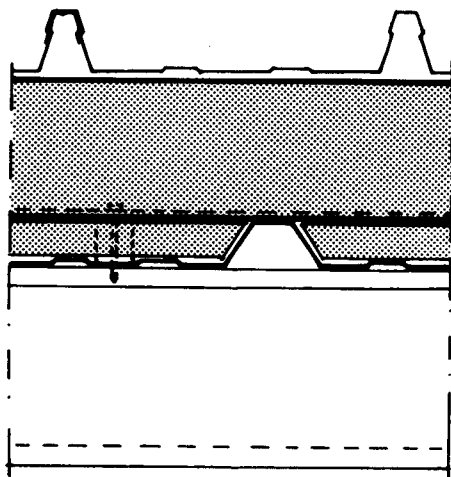
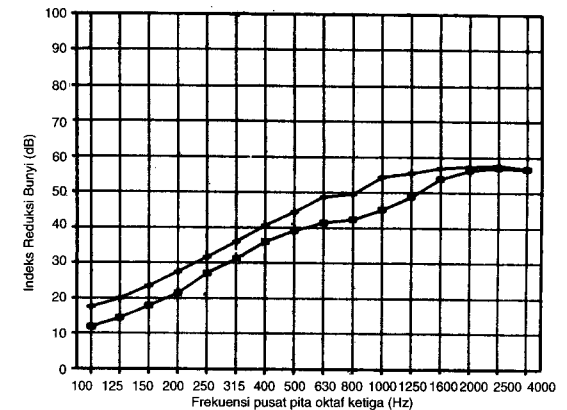
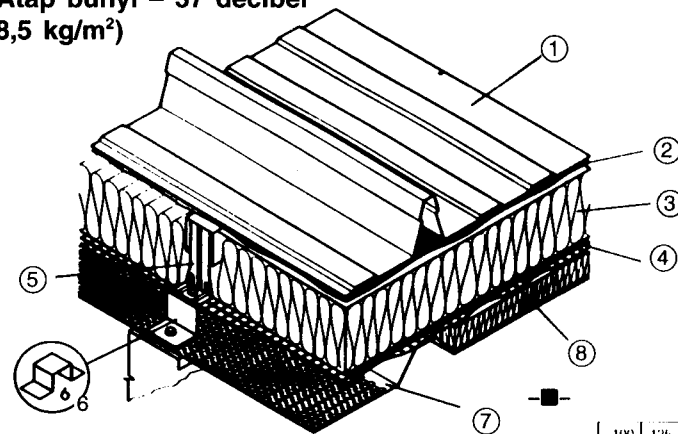
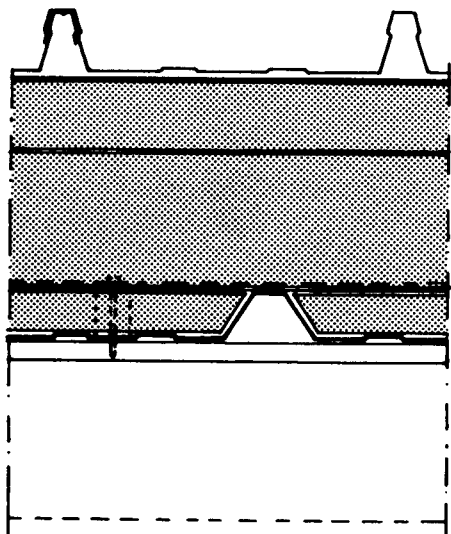
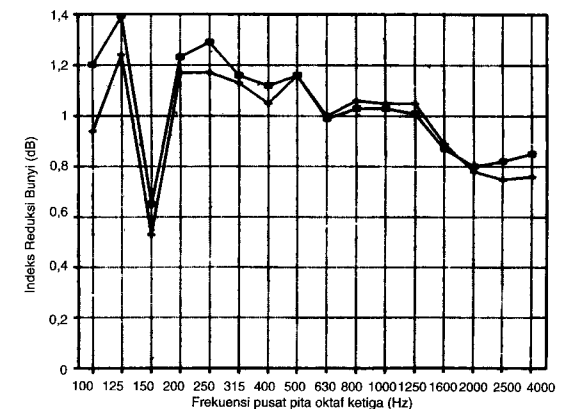
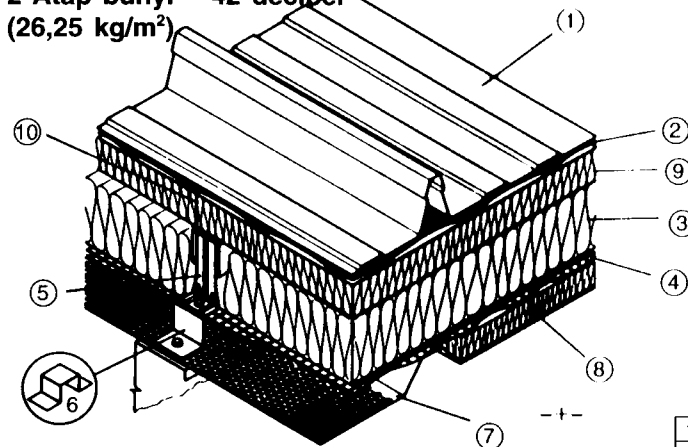
Atap

Aplikasi untuk dinding

Aplikasi untuk atap

Salah satu material penutup yang banyak digunakan adalah panel metal 2 lapis yang bagian tengahnya dipadati dengan bahan isolasi suhu yang kaku dan ringan. Panel-panel isolasi itu sendiri mempunyai kemampuan isolasi suara yang rendah tetapi panel/celah udara/selimut/pelapis-dalam dari penutup tersebut besar pengaruhnya dalam meningkatkan kemampuannya.

Lubang-lubang dan lapisan bagian dalam menyalurkan karakteristik penyerapan tanpa pengurangan yang berarti pada isolasi bunyi.

Metode konstruksi	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz	R_w	Kunci
Panel isolasi	14	14	19	24	27	34	43	52	dB	27	-■-
a - 0,4 mm lapisan baja berprofil	18	18	33	42	46	45	60	75	dB	42	-+-
b - 0,4 mm lapisan berprofil berlubang	15	15	30	41	45	46	61	76	dB	40	-×-
c - 12 mm papan (900 kg/m³)	25	25	41	47	53	56	57	72	dB	49	-□-

Metode konstruksi	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz	Kunci
Panel isolasi	0,10	0,13	0,12	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	α	-■-
a - 0,4 mm lapisan baja berprofil	0,66	0,53	0,11	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	α	-+-
b - 0,4 mm lapisan berprofil berlubang	0,35	0,64	0,86	0,91	0,90	0,94	0,80	0,55	α	-×-
c - 12 mm papan (900 kg/m³)	0,37	0,30	0,20	0,15	0,10	0,15	0,10	0,05	α	-■-

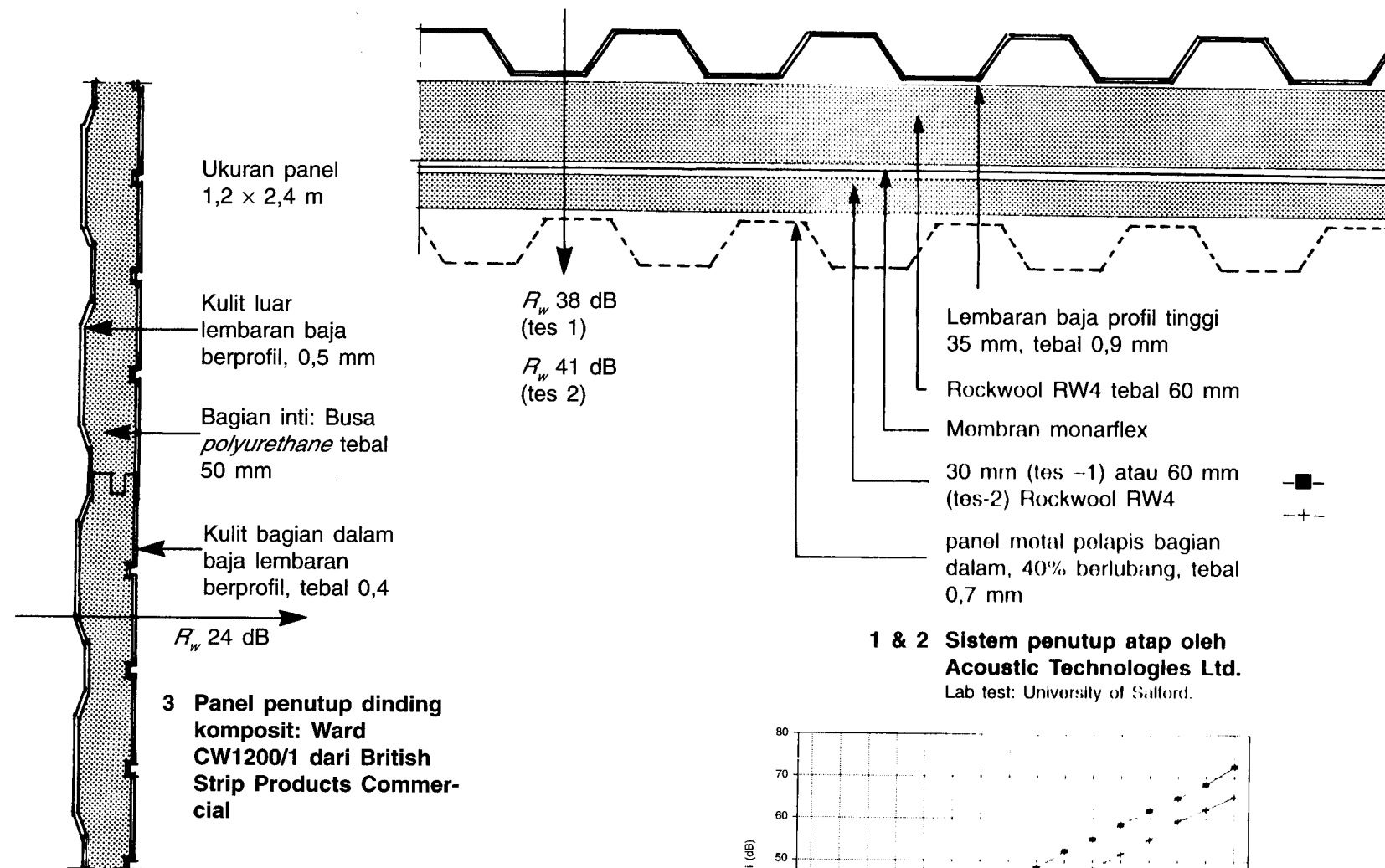
Sumber: Kingspan Insulated Panels.

Sumber: British Steel Profiles. University of Salford.

Sumber: Precision Steel Forming Ltd. University of Salford.

Sumber: British Steel Profiles. University of Salford

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci
14,7	13,6	13,6	16,1	19,4	20,7	23,3	24,8	27,5	30,2	29,8	31,7	30,3	28,4	37,6	42,0	dB	28	-■-
16,4	16,5	19,5	24,9	27,4	31,4	35,0	36,6	44,0	47,7	48,2	50,1	46,2	45,8	55,9	58,2	dB	38	-x-
19,5	18,4	17,4	17,9	19,5	22,4	27,9	32,6	38,1	43,6	44,7	45,6	44,9	47,9	48,6	54,9	dB	34	-+-

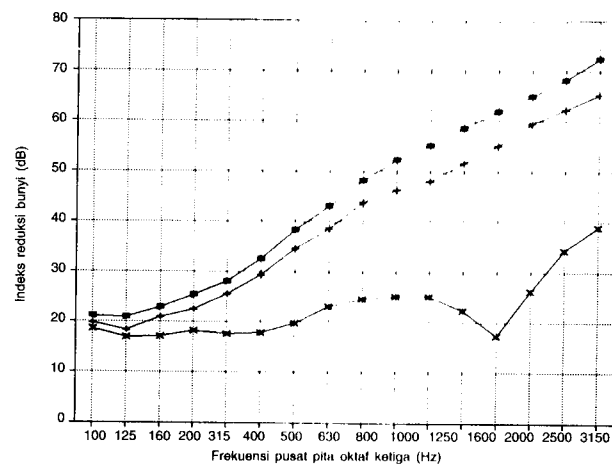
Penutup atap dan dinding

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci	
11,7	14,3	17,8	21,3	27,0	31,2	36,0	39,1	41,3	42,4	45,1	48,8	53,9	56	57,1	56,6	dB	37	-■-	1
17,6	19,9	23,5	27,5	31,6	36,0	40,5	44,4	48,7	49,6	54,3	55,5	56,9	57,3	57,7	56,7	dB	42	-+-	2

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
0,94	1,24	0,53	1,17	1,17	1,13	1,05	1,16	1,00	1,06	1,05	1,05	0,89	0,78	0,75	0,75	α	-×-
1,2	1,39	0,65	1,23	1,29	1,16	1,12	1,16	0,99	1,03	1,03	1,01	0,87	0,80	0,82	0,85	α	-■-

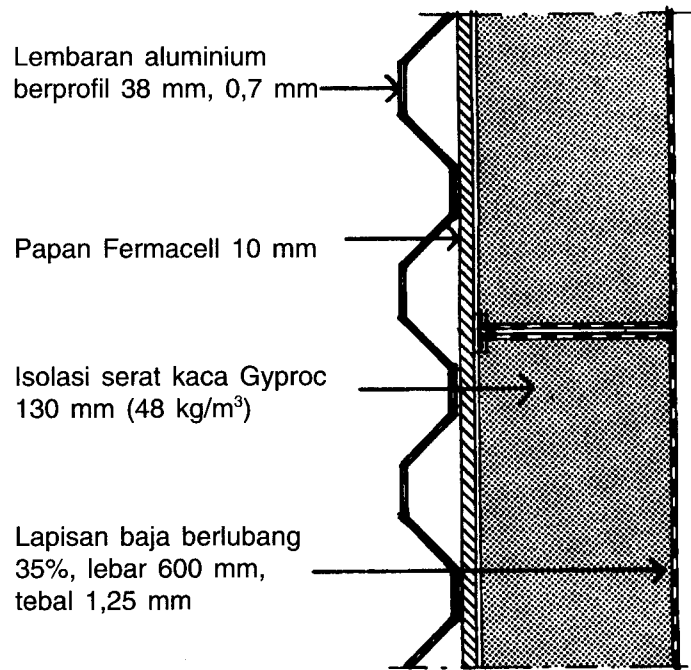
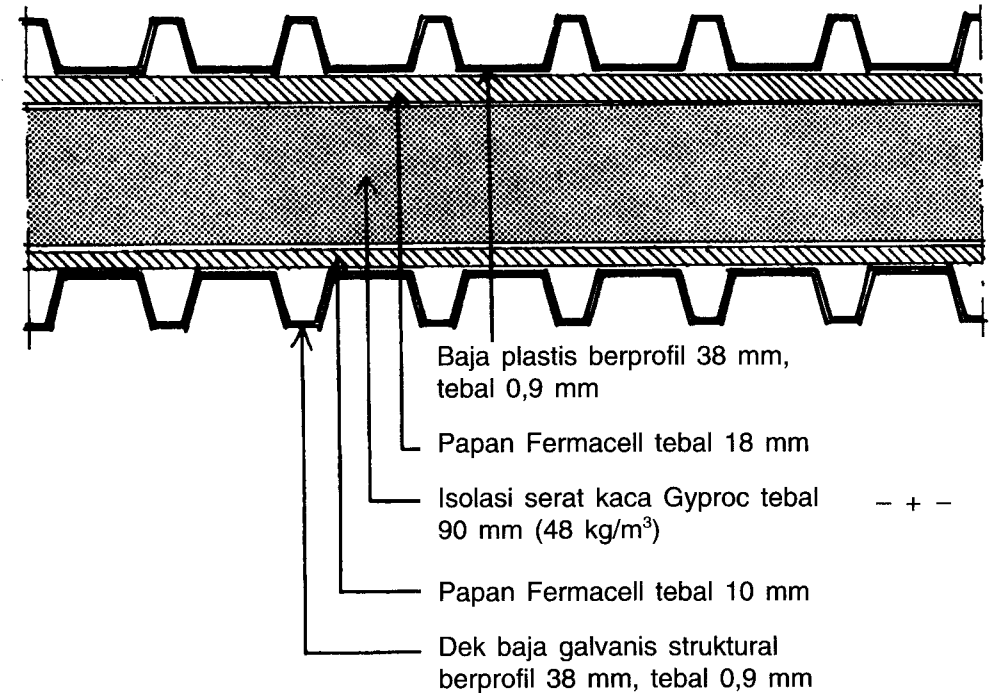
1. SpeedDeck dari baja memberikan hasil yang terbaik dan dari aluminium jika hanya membutuhkan penyerapan yang baik.
2. Membran pernafasan SD 100.
3. Rock fibre tebal 100 mm, 33 kg/m³ – dipadatkan sampai mencapai di bawah IsoBar. Hindarkan terjadinya celah yang baik.
4. StramCheck, seluruh lapis di-lak dengan menggunakan pita dari butyl. Lak dimaksudkan agar terjadi efek menerus pada sambungan dan penetrasi yang ada.
5. Kelos IsoBar menjadi bagian yang menyatu dengan busa dasar pemisah.
6. Dudukan berbentuk topi
7. Tatakan berlubang StramLiner.
8. Tissue berhadapan dengan lempengan akustik Stramit di setiap lapis. Tissue yang menghadap lubang-lubang mencegah jatuhnya kotoran.
9. 'Rock fibre' tebal 50 mm, 140 kg/m³ (hanya SoundRoof 42 Desibel). Diisikan padat pada rongga yang ada.
10. Kelos bentuk huruf 'Z' (SoundRoof hanya 42 Desibel). Dipasang di atas IsoBar dengan isolasi yang dipadatkan di bawahnya setebal 50 mm.

Atap yang agak berat merupakan isolasi suara dan penyerap suara yang baik. Selimut yang kepadatan seratnya tinggi seperti versi 42 dB adalah bahan tambahan yang sangat efektif.

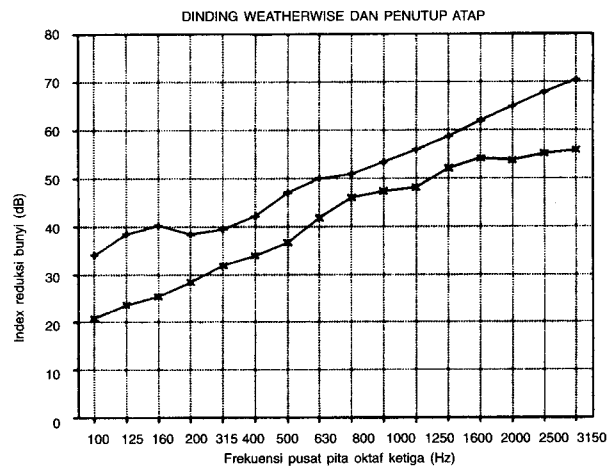
Sumber: Stramit Industries Ltd/ Sound Research Laboratories Ltd.

Penutup Atap

3 Panel penutup dinding komposit: Ward CW1200/1 dari British Strip Products Commercial

1 & 2 Sistem penutup atap oleh Acoustic Technologies Ltd.
Lab test: University of Salford.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci	
21,2	20,9	22,8	25,4	28,1	32,6	38,3	43,1	48,2	52,3	55,1	58,6	61,9	64,8	68,2	72,4	dB	41	–■–	1
19,8	18,4	20,9	22,5	25,6	29,4	34,6	38,6	43,8	46,3	48,1	51,6	55,1	59,4	62,3	65,2	dB	38	–+–	2
18,6	16,9	17,1	18,3	17,6	17,9	19,8	23,1	24,7	25,1	25,1	22,3	17,4	26,3	34,4	39,0	dB	24	–×–	3

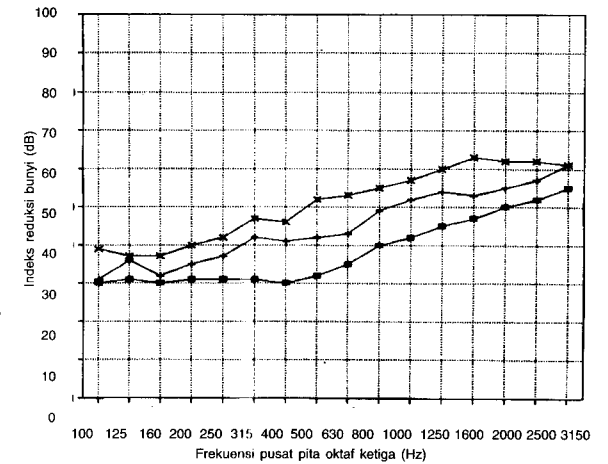
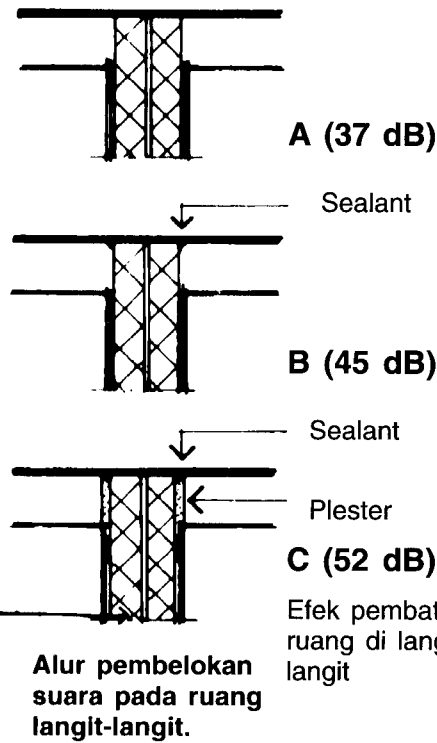
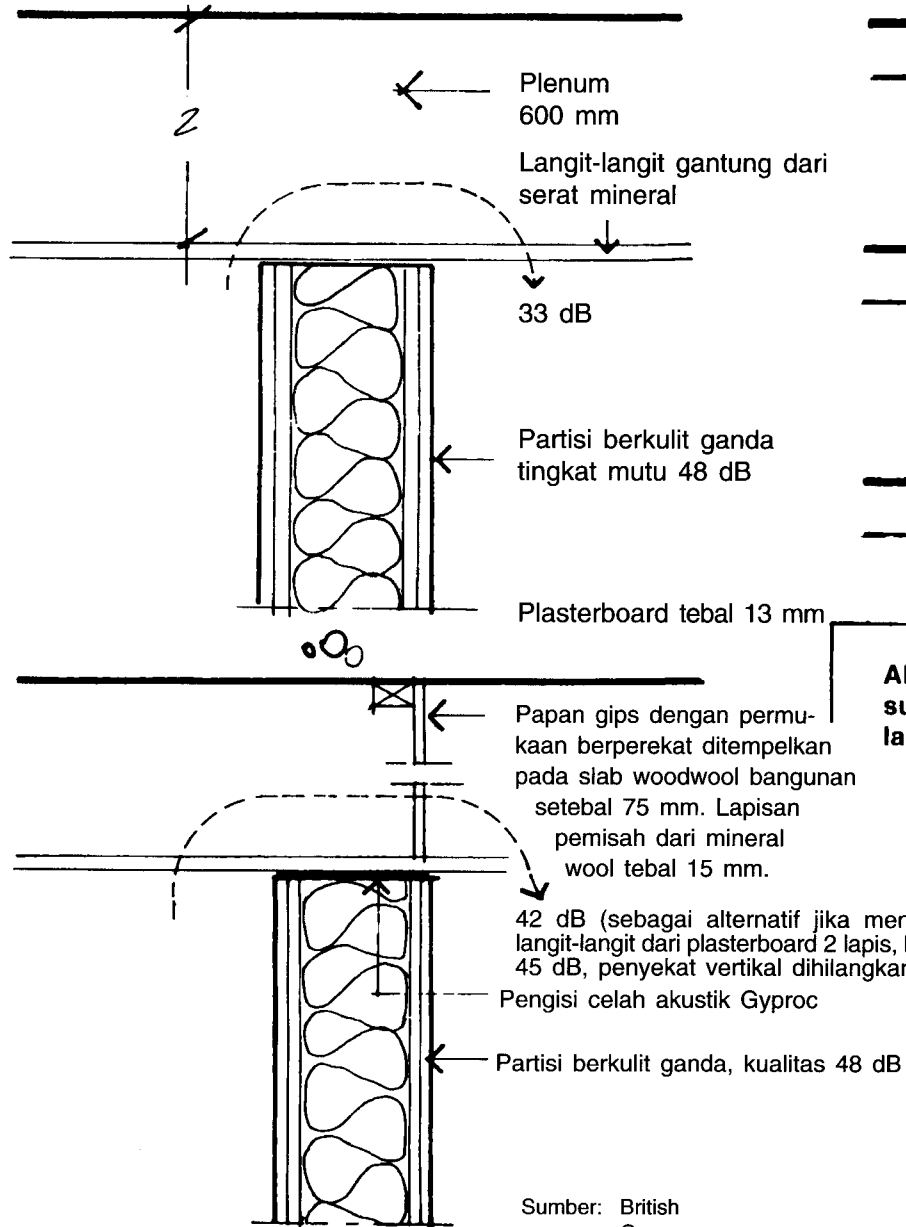
Penutup atap/dinding

-x-

Konstruksi penutup pada stasiun pembangkit tenaga listrik

– + –

Batang-batang penyangga berjarak 800 m dari tengah-tengah ke bentangnya.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci
34,1	38,4	40,3	38,3	39,5	42,2	47,1	50,1	50,9	53,4	56,0	58,7	62,0	65,0	67,9	70,4	dB	53	-+-
20,8	23,7	25,4	28,4	31,9	34,0	36,6	41,8	46,1	47,3	48,1	52,1	54,2	53,8	55,2	55,6	dB	43	-x-

Sumber: Weather Wise Ltd/University of Salford.

Penutup atap dan dinding

Langit-langit

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
30	31	30	31	31	31	30	32	35	40	42	45	47	50	52	55	dB	-■-
31	36	32	35	37	42	41	42	43	49	52	54	53	55	57	61	dB	-×-
39	37	37	40	42	47	46	52	53	55	57	60	63	62	62	61	dB	-+-

Sumber:
Technologisches Gewerbe Museum, Vienna.

Langit-langit

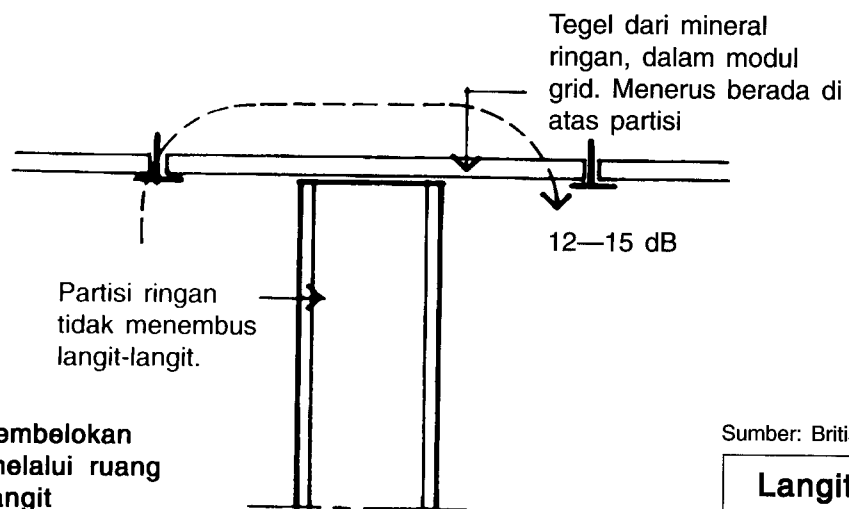
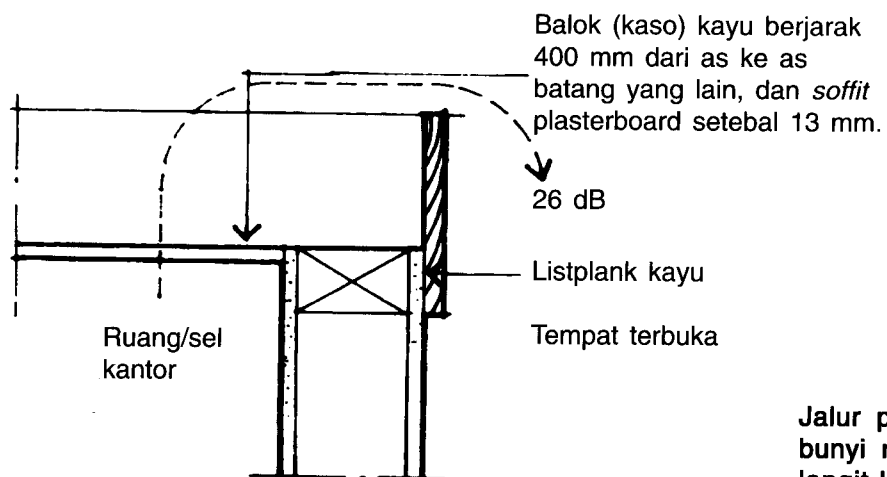
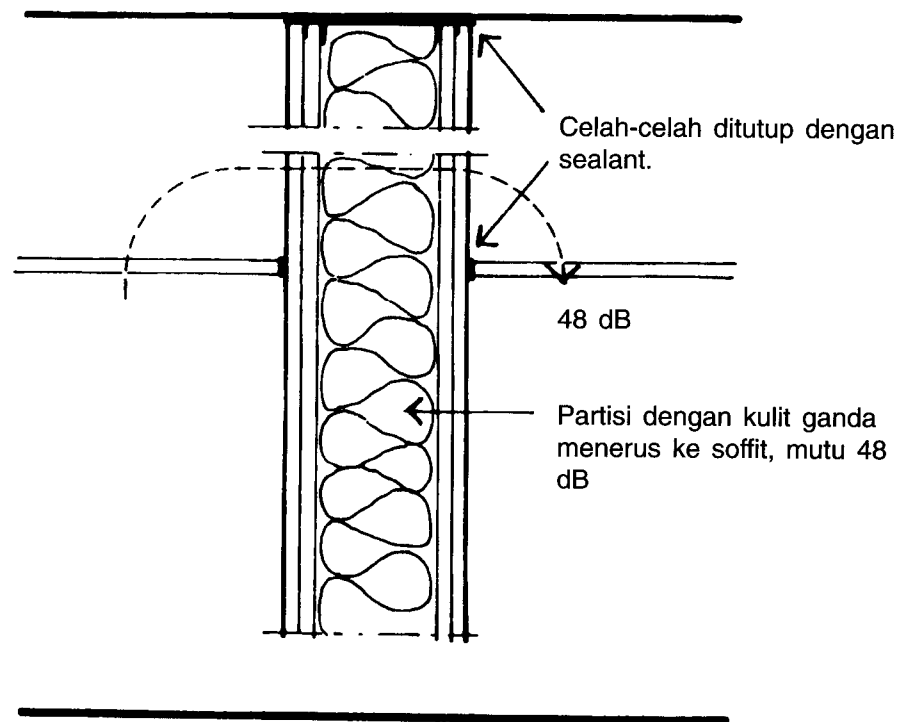
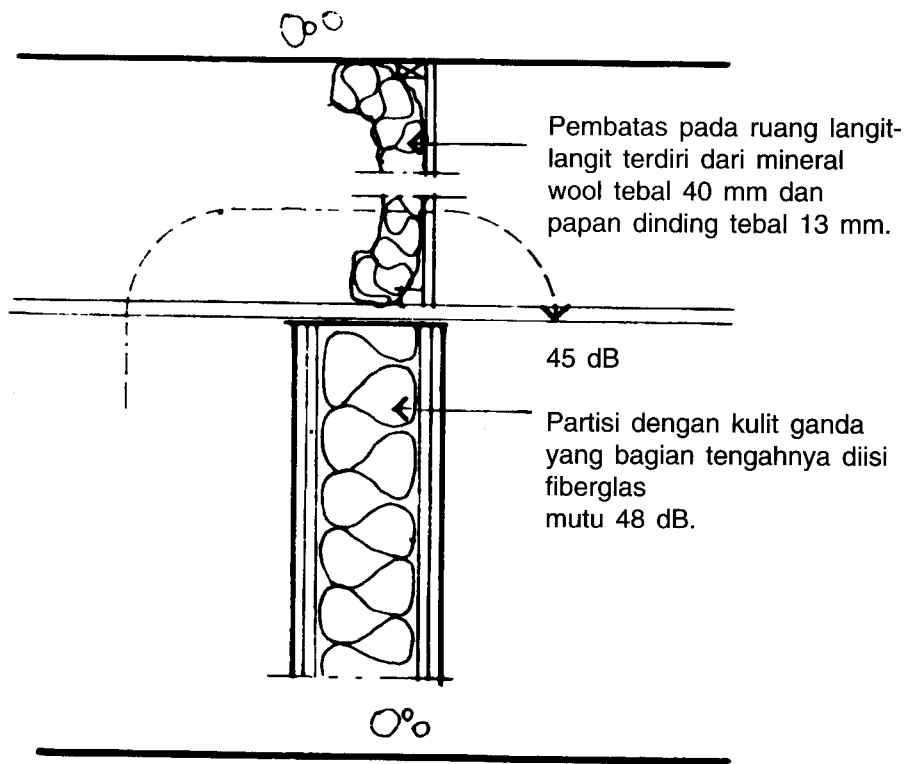
Pembatas pada ruang langit-langit terdiri dari mineral wool tebal 40 mm dan papan dinding tebal 13 mm.

45 dB

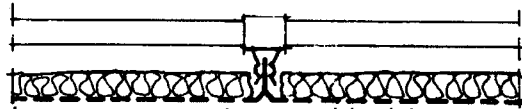
Partisi dengan kulit ganda yang bagian tengahnya diisi fiberglas
mutu 48 dB.

Celah-celah ditutup dengan sealant.

48 dB

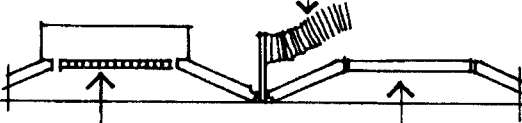
Partisi dengan kulit ganda menerus ke soffit, mutu 48 dB

Jalur pembelokan bunyi melalui ruang langit-langit

Sumber: British Gypsum

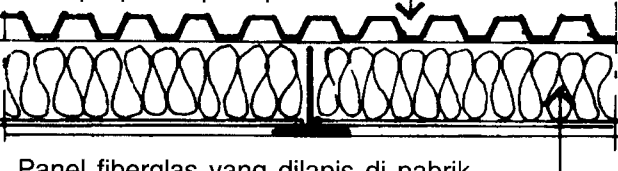
Langit-langit

Lempengan penutup metal berlubang digunakan untuk menyangga rangka, bantalan yang sesuai tebal 25 mm - kepadatan 64 kg/m²

Penyerapan bunyi:
0,20 0,55 0,80 0,80 0,80 0,80 0,75

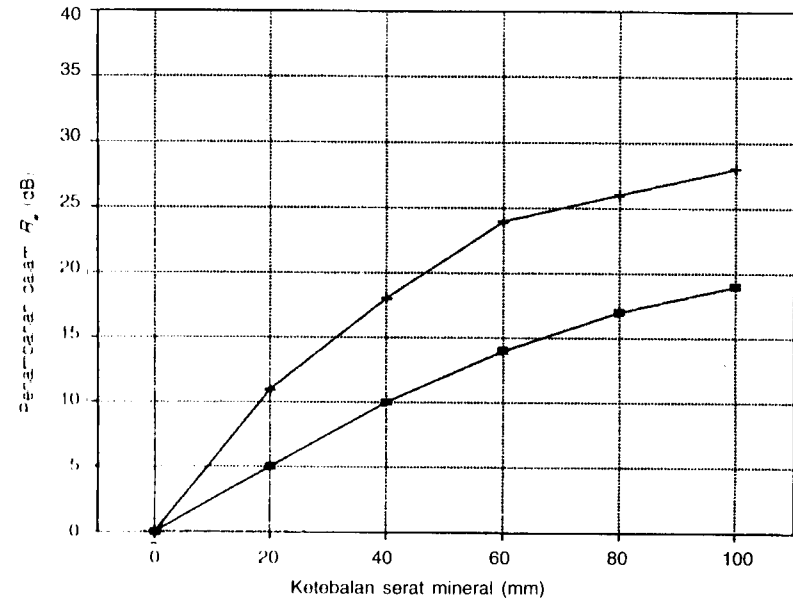
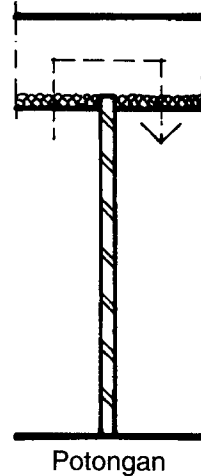
Pengurangan keras bunyi (dari ruangan ke ruangan)
32 dB (40 dB untuk lempengan penutup dengan permukaan padat)

Pendifusi udara linier

Tempat lampu dalam panel-panel langit-langit dengan modul 900 mm

Lapisan metal berlubang dengan serat mineral di bagian belakangnya
0,45 0,50 0,75 0,90 0,90 0,90

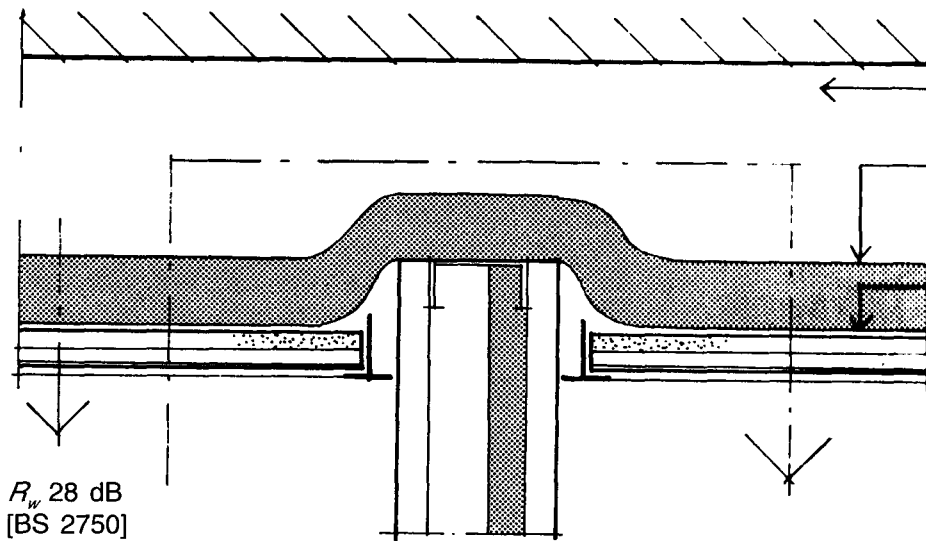
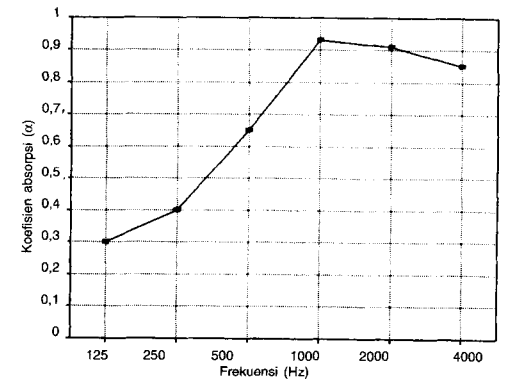
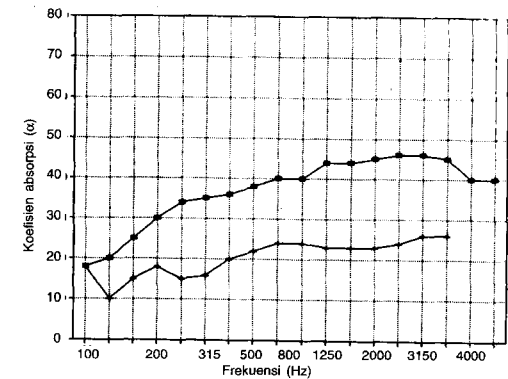
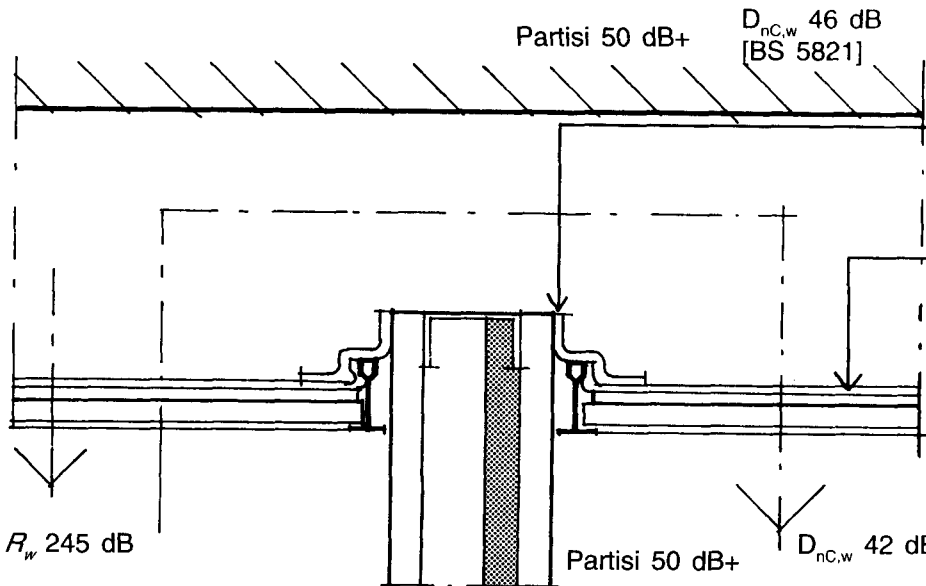
Dek metal sebagai penutup atau pembatas berupa penutup atap

Panel fiberglas yang dilapis di pabrik, tebal 50 mm, dengan rangka metal berbentuk 'T' dipasang ke gording
0,45 1,00 0,90 0,70 0,50 0,35

Berbagai ketebalan serat mineral di atas langit-langit ringan

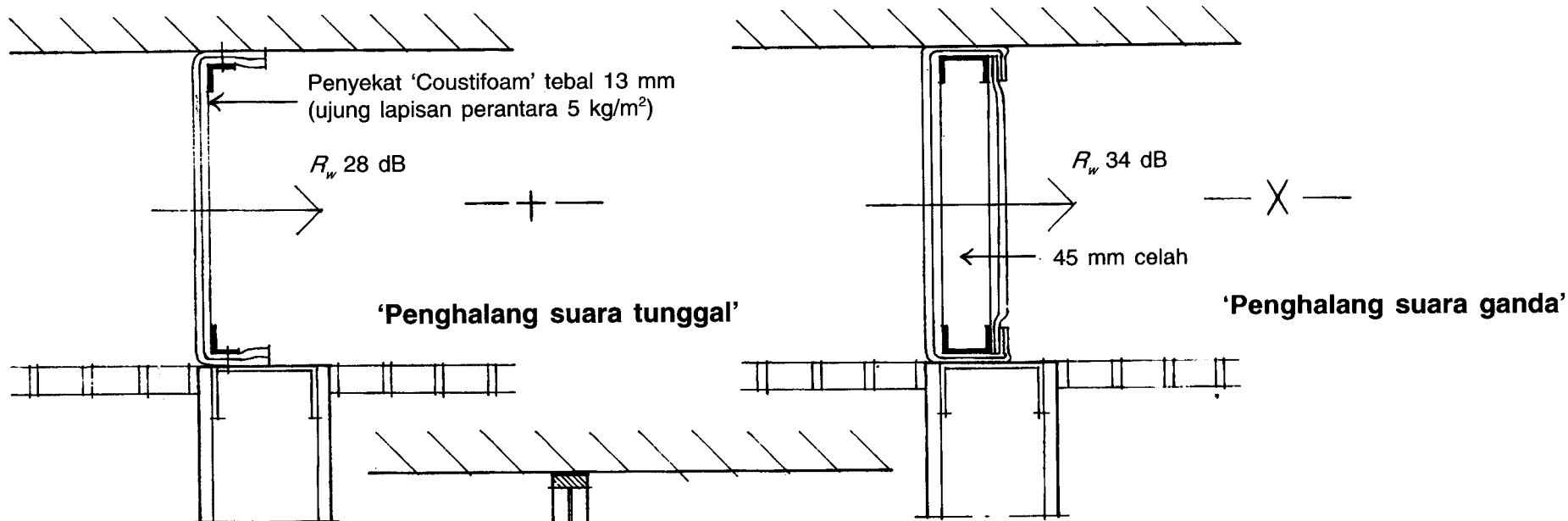
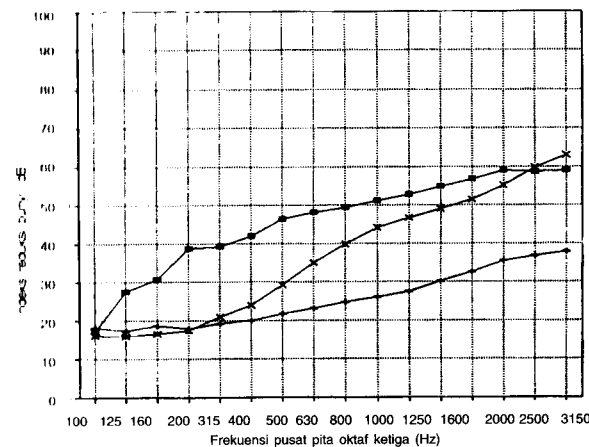
Potongan

	Ketebalan (mm)	20	40	60	80	100		Kunci
1.	Langit-langit kedap udara (R_w)	5	10	14	17	19	dB	-■-
2.	Langit-langit gantung yang berkualitas - sambungan yang kedap udara tidak ada.	11	18	24	26	28	dB	-+-

Pengurangan efek pembelokan suara melalui material langit-langit

Sumber: Dr. Lang, Vienna

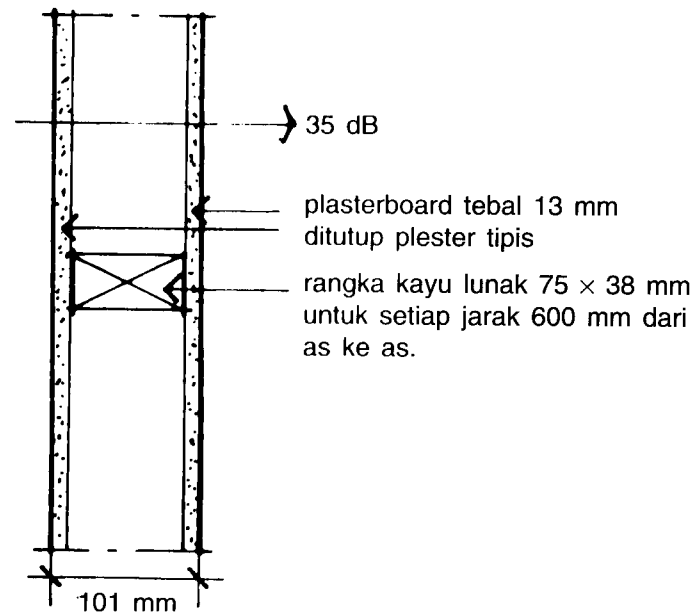
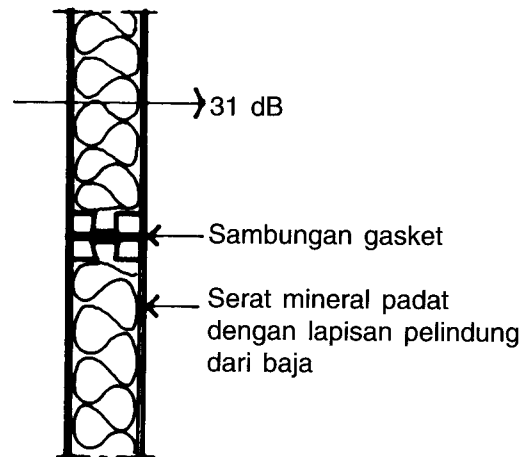
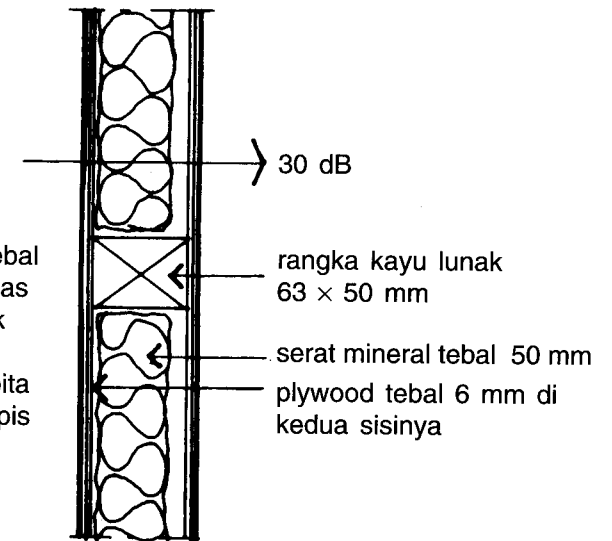
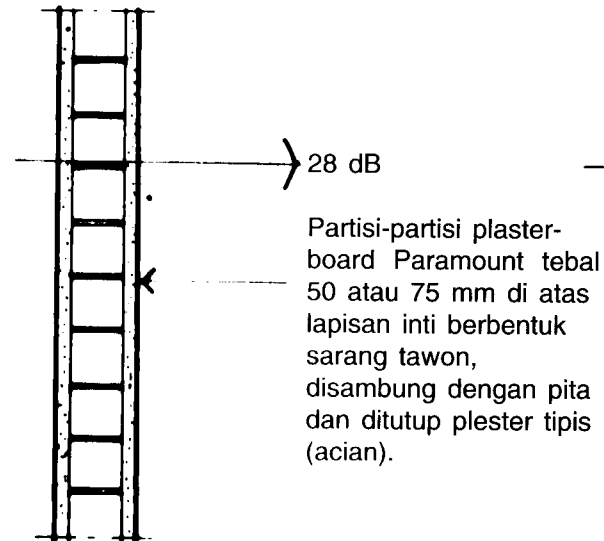
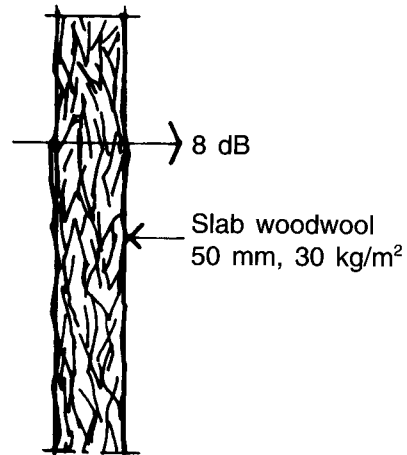
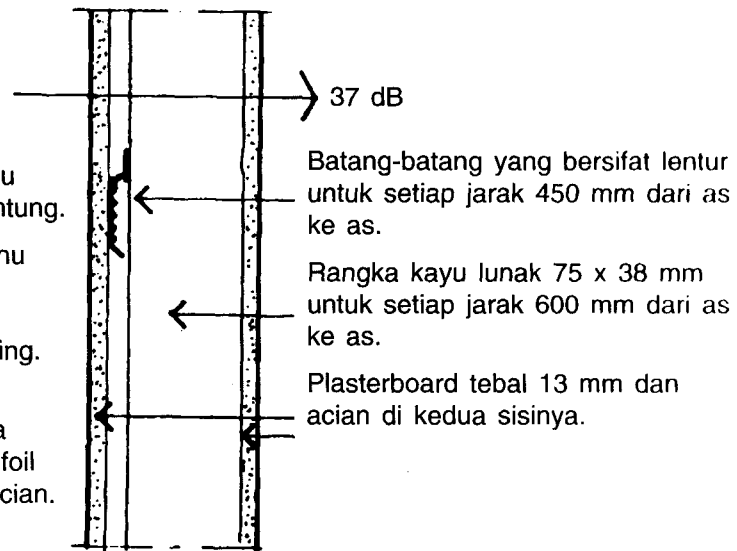
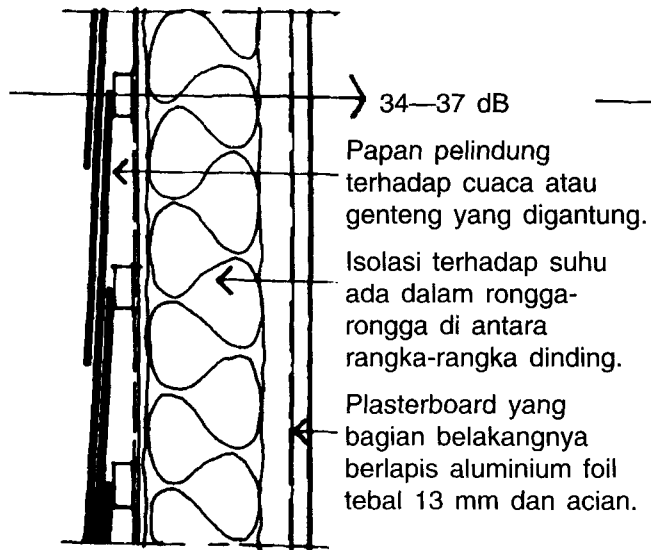
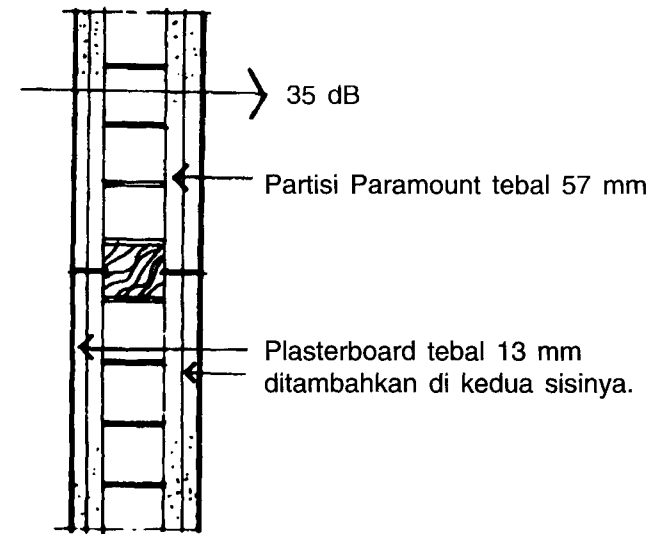
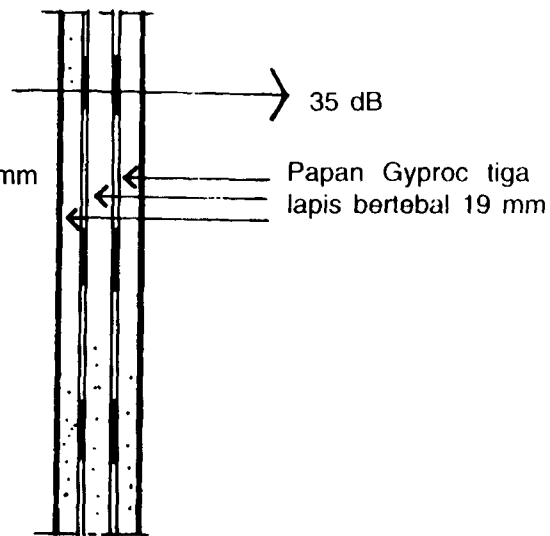
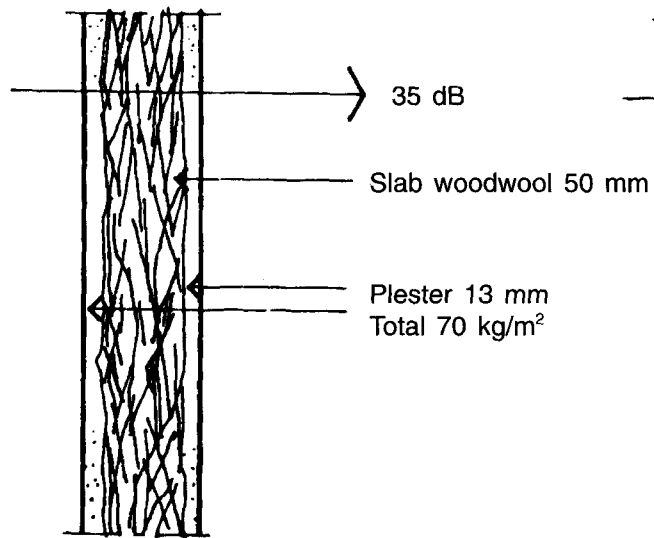
Langit-langit

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Hz	Kunci
Perbedaan tingkat yang dinormalisasi	18	20	25	30	34	35	36	38	40	40	44	44	45	46	46	45	40	40	dB	■
Indeks reduksi bunyi	18	10	15	18	15	16	20	22	24	24	23	23	23	23	28	26			dB	•

125	250	500	1000	2000	4000	Hz
0,3	0,3	0,65	0,93	0,91	0,85	α

Karakteristik dari ruang langit-langit ke kamar dan dari kamar ke kamar

Catatan: Apikasi yang umum. Tes di laboratorium pada grid yang menerus melintasi bagian atas partisi dengan busa pengisi celah.

Langit-langit

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci
17,1	27,5	30,7	38,6	39,1	41,8	46,3	48,1	49,3	51,2	52,8	54,8	56,7	59,0	58,6	59,0	dB		■–
18,1	17,3	18,7	17,9	19,2	19,9	21,7	23,1	24,7	26,0	27,5	30,1	32,6	35,4	36,7	37,8	dB	28	–×–
16,1	16,0	16,5	17,3	20,9	24,0	29,2	34,9	39,8	44,1	46,6	49,1	51,6	55,2	59,8	63,0	dB	34	–+–

Sumber: Hartnell & Rose Ltd/British Gypsum Ltd

Penghalang langit-langit

Dinding Penyekat

Dinding penyekat

Detail standar

Dinding penyekat

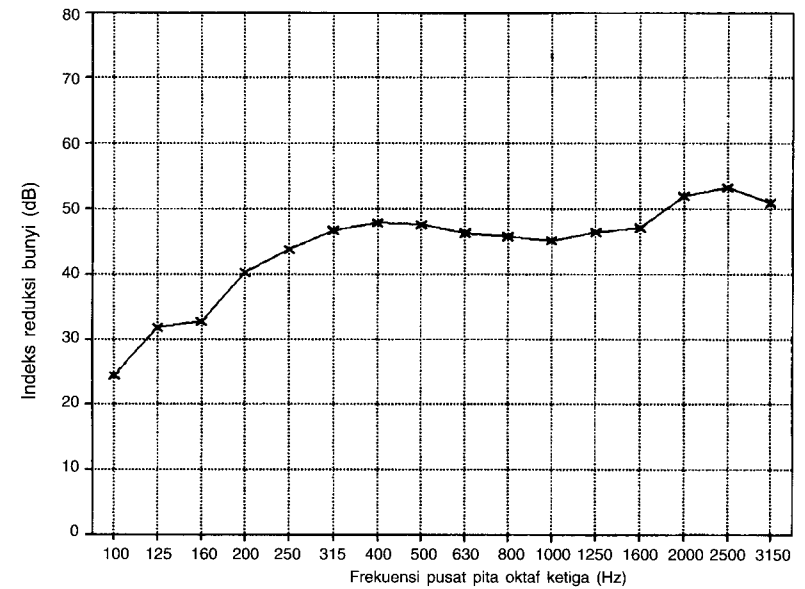
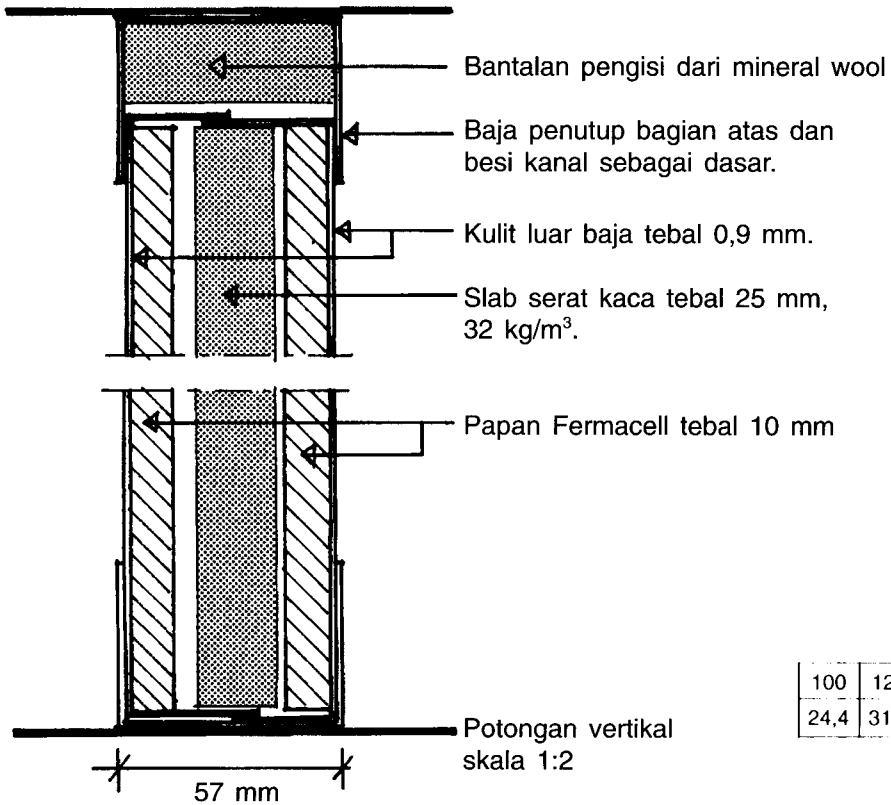
Detail standar

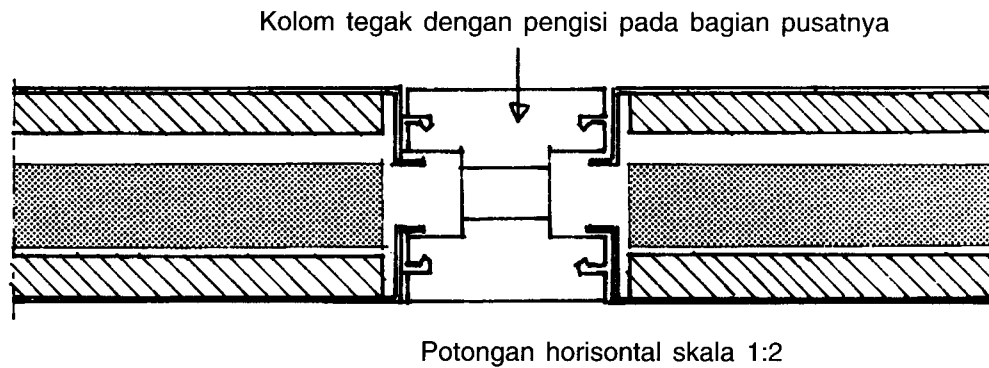
37 dB
Rangka kayu lunak
50 × 50 mm
Slab-slab rockwool tebal
50 mm
Plasterboard tebal 10 mm
dan acian di masing-
masing sisinya.
40 dB
Mineral wool tebal
25 mm
Rangka kayu lunak
75 × 50 mm
Plasterboard 2 lapis,
masing-masing
setebal 13 mm dan
acian di kedua
permukaannya
41 dB
Selimut serat kaca tebal 25 mm
Rangka dinding metal
lebar 48 mm
Plasterboard tebal 13 mm dan
acian di masing-masing
permukaannya.
44 dB
Selimut serat kaca tebal
60 mm
Rangka metal dengan
penampang potongan
bentuk huruf Z lebar
63 mm.
Plasterboard 2 lapis,
masing-masing tebal
10 mm dan acian di
kedua permukaannya
101
44 dB
Panel-panel Hauserman (Accord P86
Relocatable), baja tebal 1 mm menghadap
ke rockwool padat Rockwool (36 kg/m³)
Panel sambungan
Dua lapis panel kaca diberi perforasi
(lubang-lubang) sehingga menimbulkan
kesan yang menyatu secara keseluruhan.
83

Catatan: Dalam praktek di Amerika, batang-batang berpegas dipasang dengan bagian yang terbuka menghadap ke atas, bukannya ke bawah.

Dinding penyekat

Detail standar

Potongan vertikal skala 1:2

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w
24,4	31,8	32,6	40,3	43,8	46,7	47,9	47,6	46,3	45,8	45,1	46,4	47,1	52,0	53,3	51,0	dB	48,0

Potongan horisontal skala 1:2

Sumber: Keysan Ltd/ University of Salford

Dinding penyekat

Panel-panel plasterboard tebal 12,7 mm.

R_w 43 dB

3

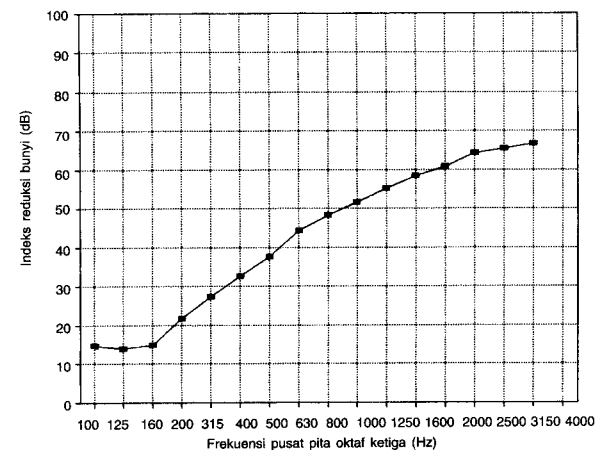
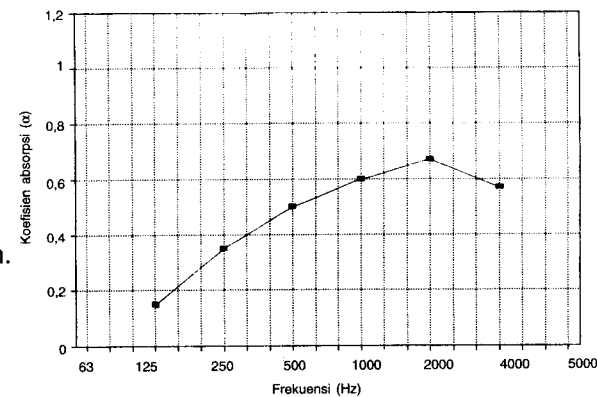
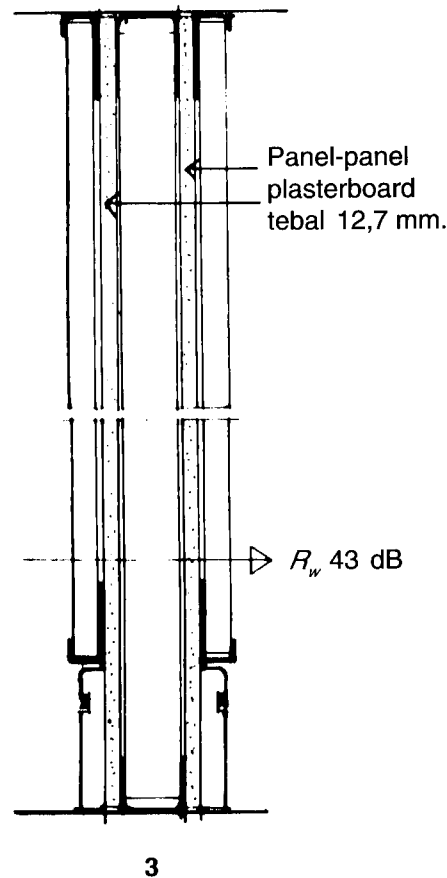
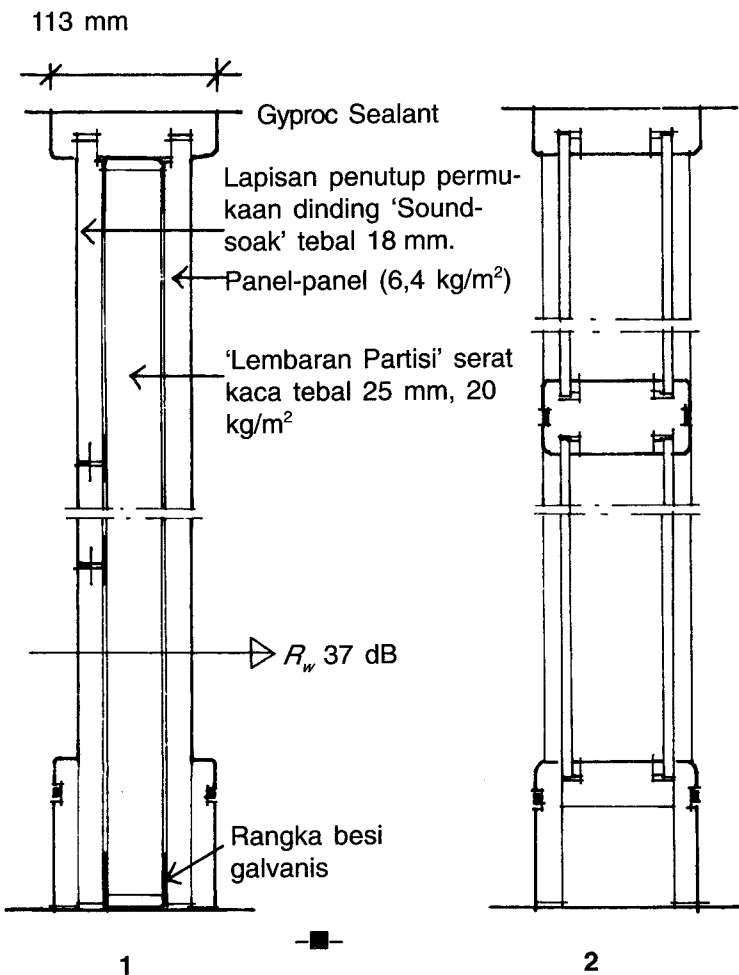
Koefisien absorpsi (α)

Frekuensi (Hz)

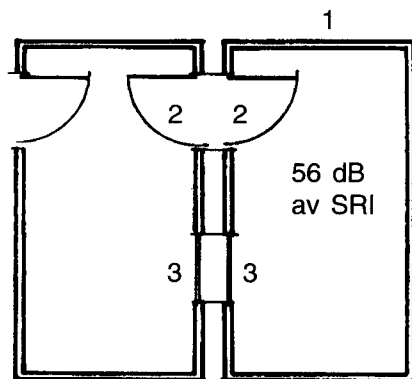
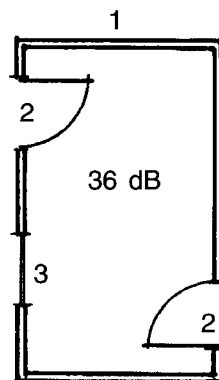
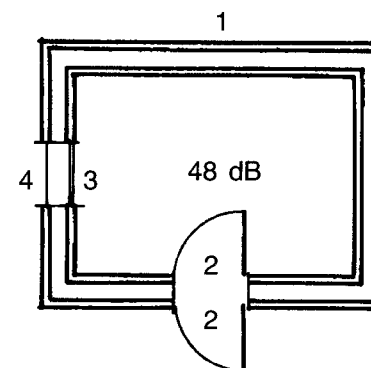
125	250	500	1000	2000	4000	Hz
0,15	0,35	0,50	0,60	0,67	0,57	α

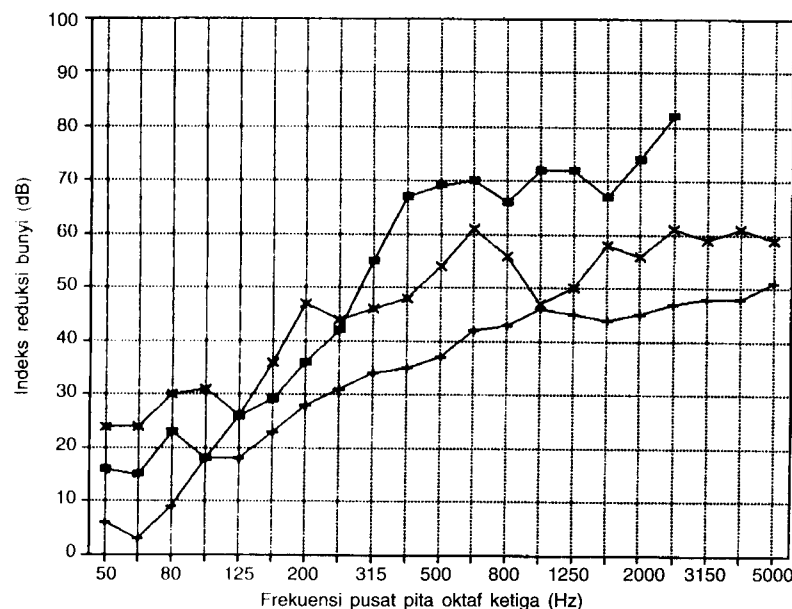
Indeks reduksi bunyi (dB)

Frekuensi pusat pita oktaf ketiga (Hz)

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w
14,7	13,8	14,8	21,7	27,3	32,5	37,6	44,2	48,2	51,6	55,1	58,3	60,8	64,2	65,4	66,6	dB	37

'Tenon Scion Soundsoak' adalah sistem partisi yang mengombinasikan material yang bersifat mengisolasi bunyi di antara ruang-ruang perkantoran, dengan dinding peredam bunyi yang sangat berguna serta dinding yang dapat ditusuk dengan paku payung untuk menempelkan kertas-kertas catatan. Ruang rapat yang terbaik mempunyai langit-langit yang memantulkan bunyi dan lapisan permukaan dinding-dinding yang menyerap bunyi.

Sumber: Armstrong Tenon Partition Systems Ltd/British Gypsum Ltd

Dinding penyekat

1 Panel-panel penyekat tebal 100 mm: kulit permukaan baja ringan dengan pengisi mineral wool pada bagian tengahnya.
2 Pintu-pintu baja ukuran 2 m × 1 m dengan penutup celah
3 Jendela dengan 2 lapis kaca
4 Jendela dengan 1 lembar kaca

Hasil pengukuran di lapangan oleh BBC pada contoh-contoh ruang vokal (C) dan ruang-ruang kontrol. Partisinya dapat dilepas dan ketinggiannya mencapai langit-langit, misalnya: untuk ruang-ruang lainnya, lantai yang sama dan langit-langit menerus.

50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1250	1600	2k	2500	3150	4k	5k	Hz	Av. SRI	Kunci
16	15	23	18	26	29	36	42	55	67	69	70	66	72	72	67	74	82	--	--	--	dB	56	–■–
6	3	9	18	18	23	28	31	34	35	37	42	43	46	45	44	45	47	48	48	51	dB	36	–+–
24	24	30	31	26	36	47	44	46	48	54	61	56	47	50	58	56	61	59	61	59	dB	48	–×–

Papan dinding Gyproc 12,5 mm x 2.

Serat kaca Gypglas 1200, 25 mm.

Rangka metal 70 C55 Gyproc tebal 70 mm, berjarak 600 mm dari as ke as.

-■-

120 mm

1

Serat kaca Gypglas 1000, tebal 100 mm

-+-

297 mm

2

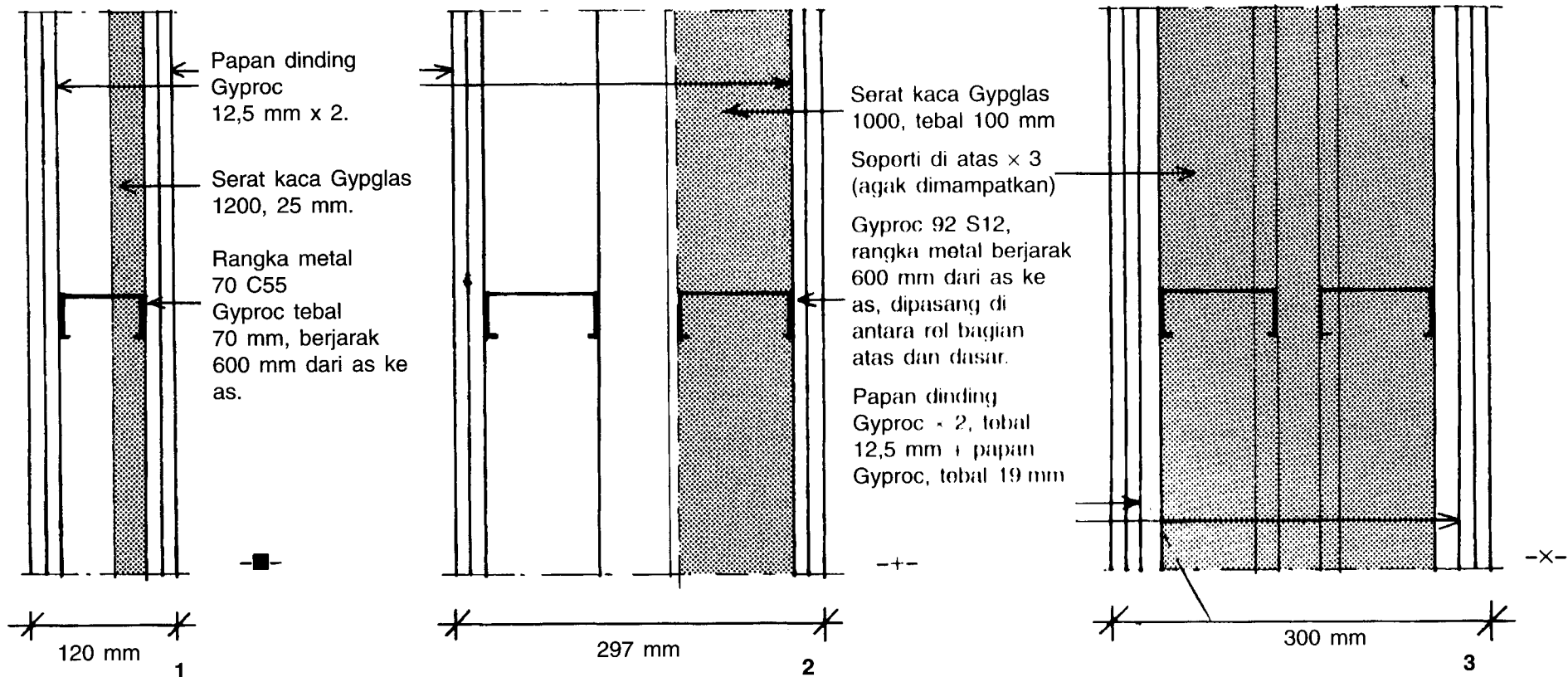
Soperti di atas × 3 (agak dimampatkan)

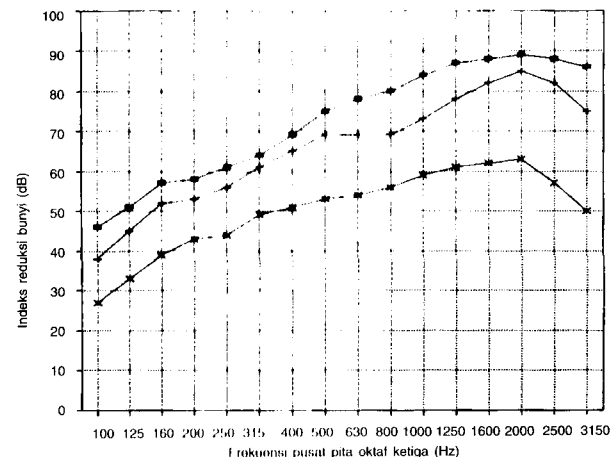
Gyproc 92 S12, rangka metal berjarak 600 mm dari as ke as, dipasang di antara rol bagian atas dan dasar.

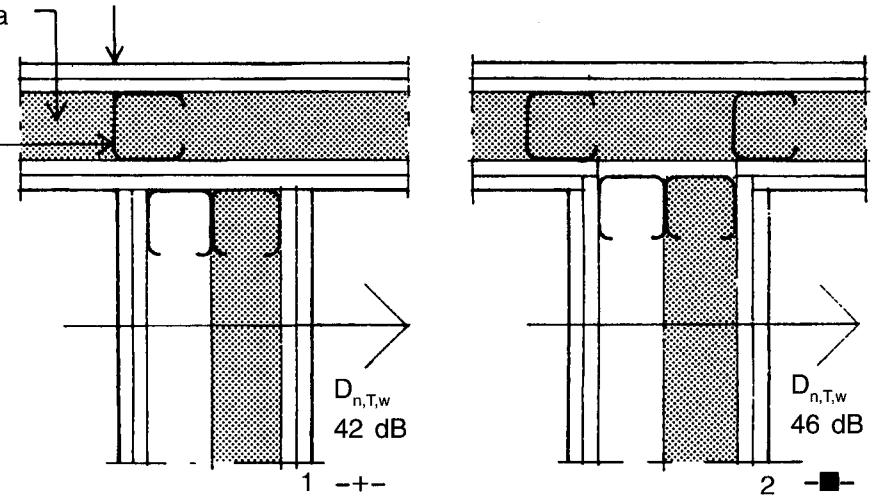
Papan dinding Gyproc × 2, tebal 12,5 mm + papan Gyproc, tebal 19 mm

-×-

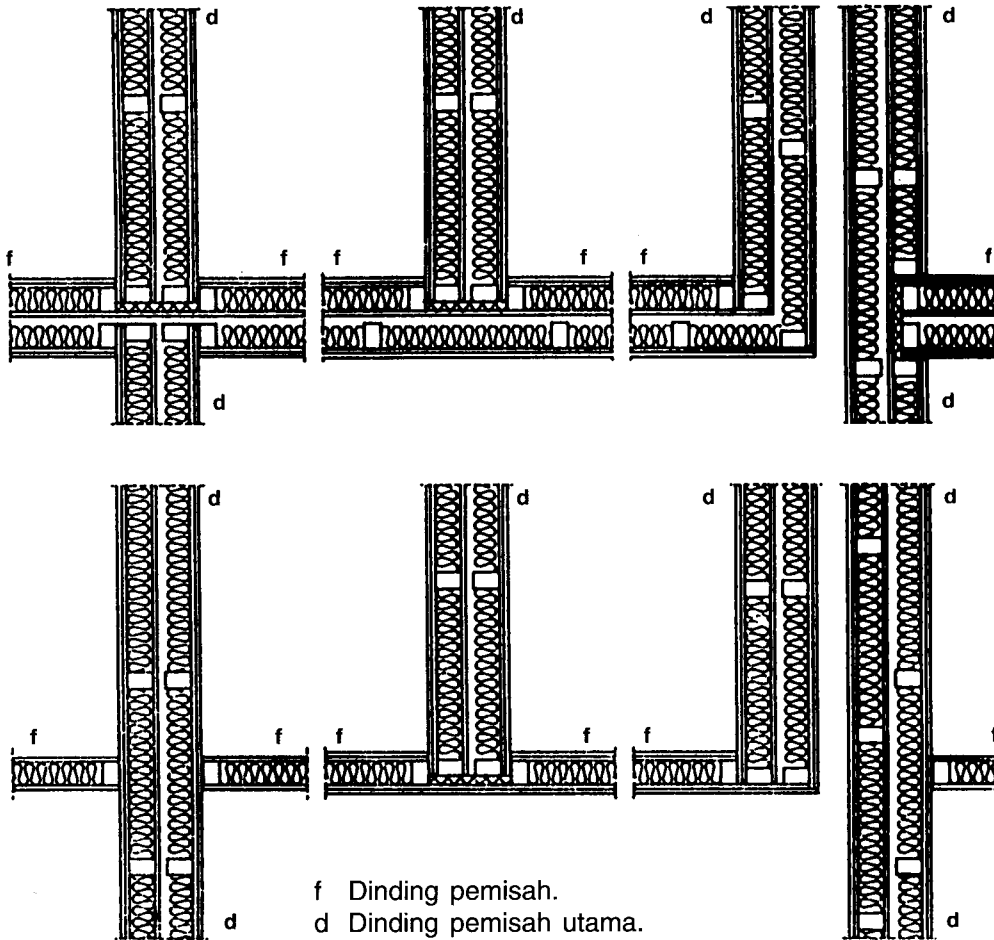
300 mm

3

Pemakaian plasterboard bermutu tinggi telah digunakan dengan sukses lebih dari 20 tahun di gedung-gedung bioskop 'multiplex'. Standar mutu kerja yang tinggi, celah yang terdapat di ujung panel ditutup, dan perhatian pada detail sambungan perlu untuk membuat pengujian di laboratorium menjadi nyata dalam praktek.

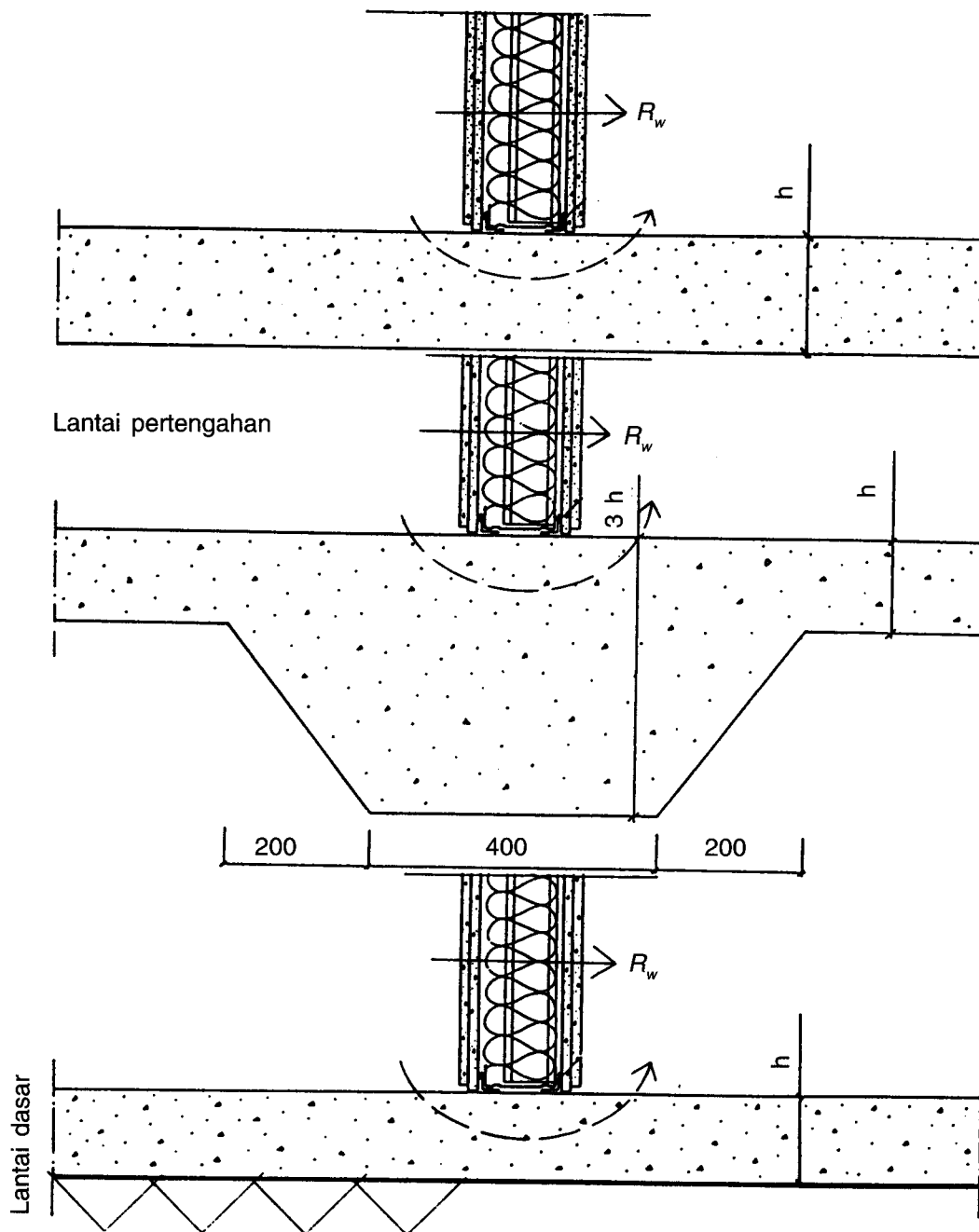
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci
27	33	39	43	44	49	51	53	54	56	59	61	62	63	57	50	dB	53	-■-
38	45	52	53	56	61	65	69	69	69	73	78	82	85	82	75	dB	67	-+-
46	51	57	58	61	64	69	75	78	80	84	87	88	89	88	86	dB	72	-×-

Sumber: British Gypsum

Dinding penyekat

Efek kontinuitas pada pertemuan dinding

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
24	27	35	35	36,5	40	40,5	44	46	50	49,5	50	49,5	48,5	49	49,5	dB	-■-
20	27	31	36	35	38	40	41,5	41	38	40	42	42	45	47	47	dB	-+-

Sumber: Dr Lang, Vienna

f Dinding pemisah.
d Dinding pemisah utama.

Detail yang diinginkan untuk meminimalkan pembelokan bunyi pada dinding pemisah utama

Sambungan dinding penyekat

h (mm)	R_w(dB)
100	44
120	48
160	52
200	55

100	< 48
130	52
160	55

Skala: 1:10

90	< 48
120	52
160	55

Hasil-hasil berikut ini menunjukkan efek penurunan pembelokan bunyi pada pertemuan antara bidang partisi dan lantai. Tidak saja bunyi lebih mudah mempengaruhi struktur lantai biasa yang lebih tipis, tetapi juga lantainya akan lebih mudah melendut sehingga dapat merusak penutup celah pada pertemuan dinding dan lantai di pertengahan bentangnya.

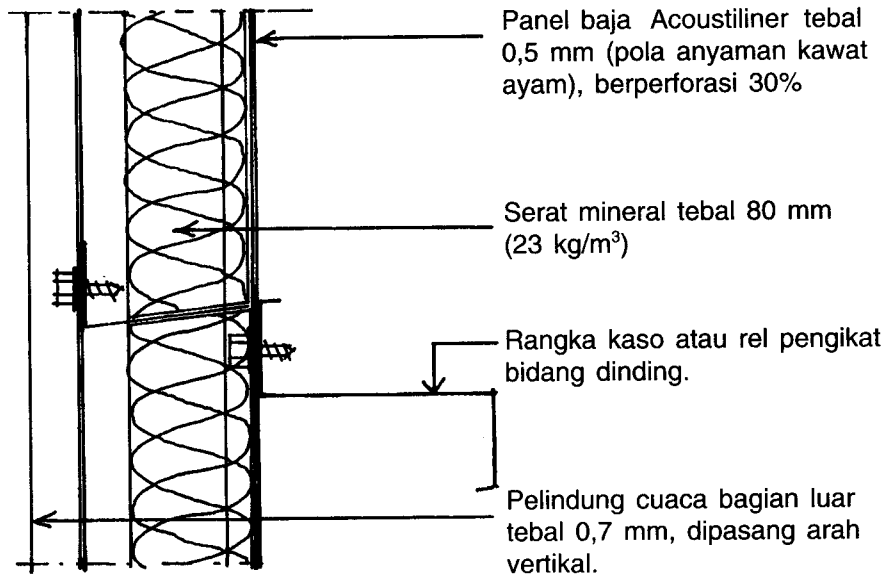
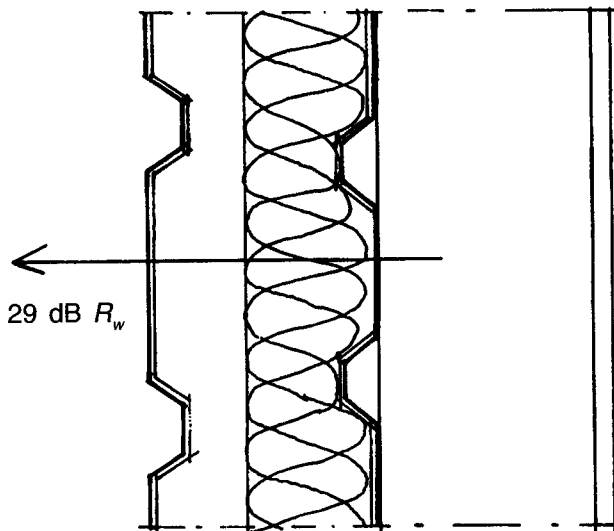
Efek pembelokan seperti itu dapat menjelaskan berbagai macam bidang ($D_{nT,w}$) dan hasil pengukuran laboratorium ($D_{nT,w}$).

Sumber: Gyproc

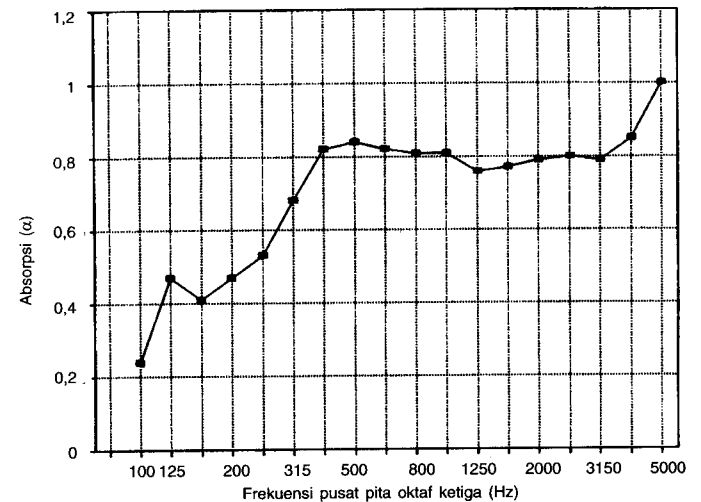
Sambungan dinding penyekat

Potongan

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Hz	R_w
15,3	16,9	15,7	16,6	18,4	19,6	22,5	24,4	27,2	30,0	30,3	32,1	34,2	32,3	39,3	44,7	45,2	42,6	dB	29

29 dB R_w

Sistem pemasangan panel oleh European Profiles Ltd. digunakan pada bangunan-bangunan industri untuk mengendalikan tingkat pengaruh bunyi gaung, atau untuk studio produksi TV.

Denah

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Hz
0,24	0,47	0,41	0,47	0,53	0,68	0,82	0,84	0,82	0,81	0,81	0,76	0,77	0,79	0,80	0,79	0,85	1,00	α

Sistem pemasangan akustik

Pembungkus baja berlubang tebal 130 mm, lebar 600 mm, diisi dengan serat kaca 48 kg/m^3

Papan Fermacell tebal 10 mm mengapit lembaran baja galvanis tebal 1,6 mm.

Rongga udara 120 mm yang diisi sebagian dengan lembaran serat kaca tebal 65 mm, kepadatan 48 kg/m^3

Rangka bagian paling atas dipasang vertikal, rangka berpenampang bentuk huruf Z dipasang horisontal

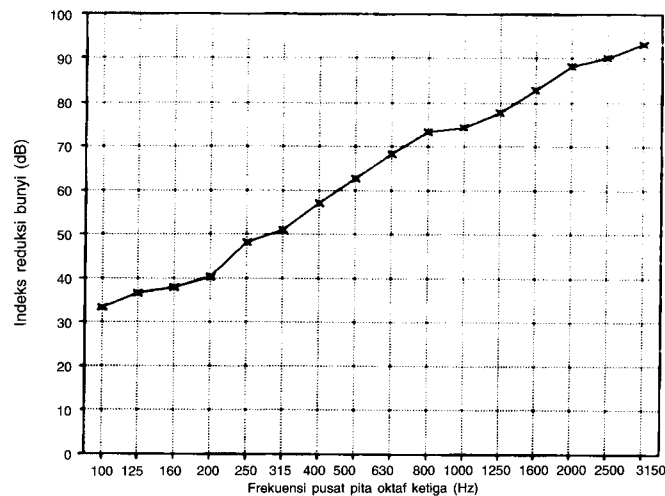
Papan Fermacell tebal 10 mm $\times$ 2

Lembaran aluminium berprofil, tinggi profil 38 mm

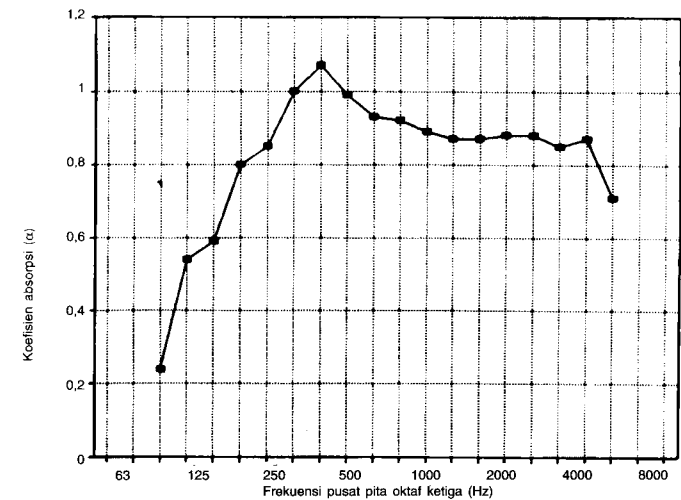
Lapisan dinding penutup yang dikembangkan untuk mendapatkan isolasi bunyi yang tinggi, digunakan pada pusat pembangkit tenaga listrik, dikombinasikan dengan permukaan bagian dalam yang mampu meredam bunyi untuk mengurangi pengaruh bunyi gaung. Total massa permukaan 95 kg/m^2.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w
40,6	42,9	48,5	49,5	54,1	56,0	59,1	63,6	67,0	69,5	71,3	73,6	76,7	80,7	85,7	85,9	dB	64

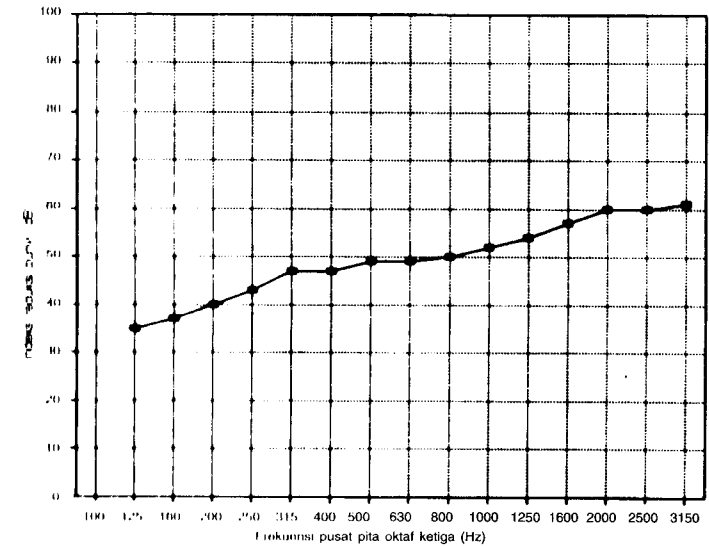
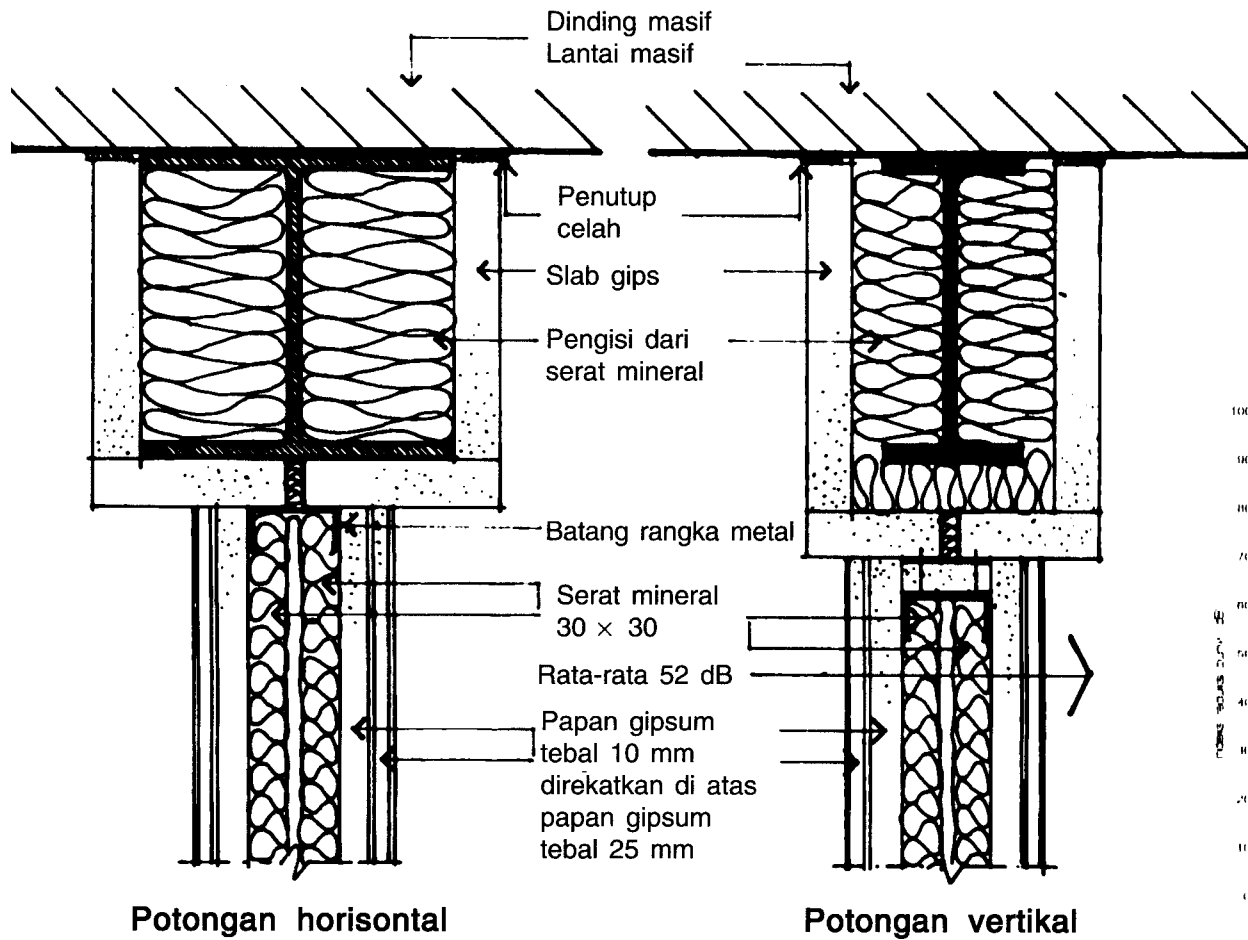
Sumber: Weatherwise Ltd/
University of Salford

Konstruksi dinding bermutu tinggi untuk pusat pembangkit tenaga listrik.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	R_w	Hz
33,4	36,5	37,8	40,3	48,1	51,0	57,1	62,6	68,3	73,3	74,3	77,7	82,8	88,2	90,2	93,2	58	dB

Koefisien absorpsi (α)

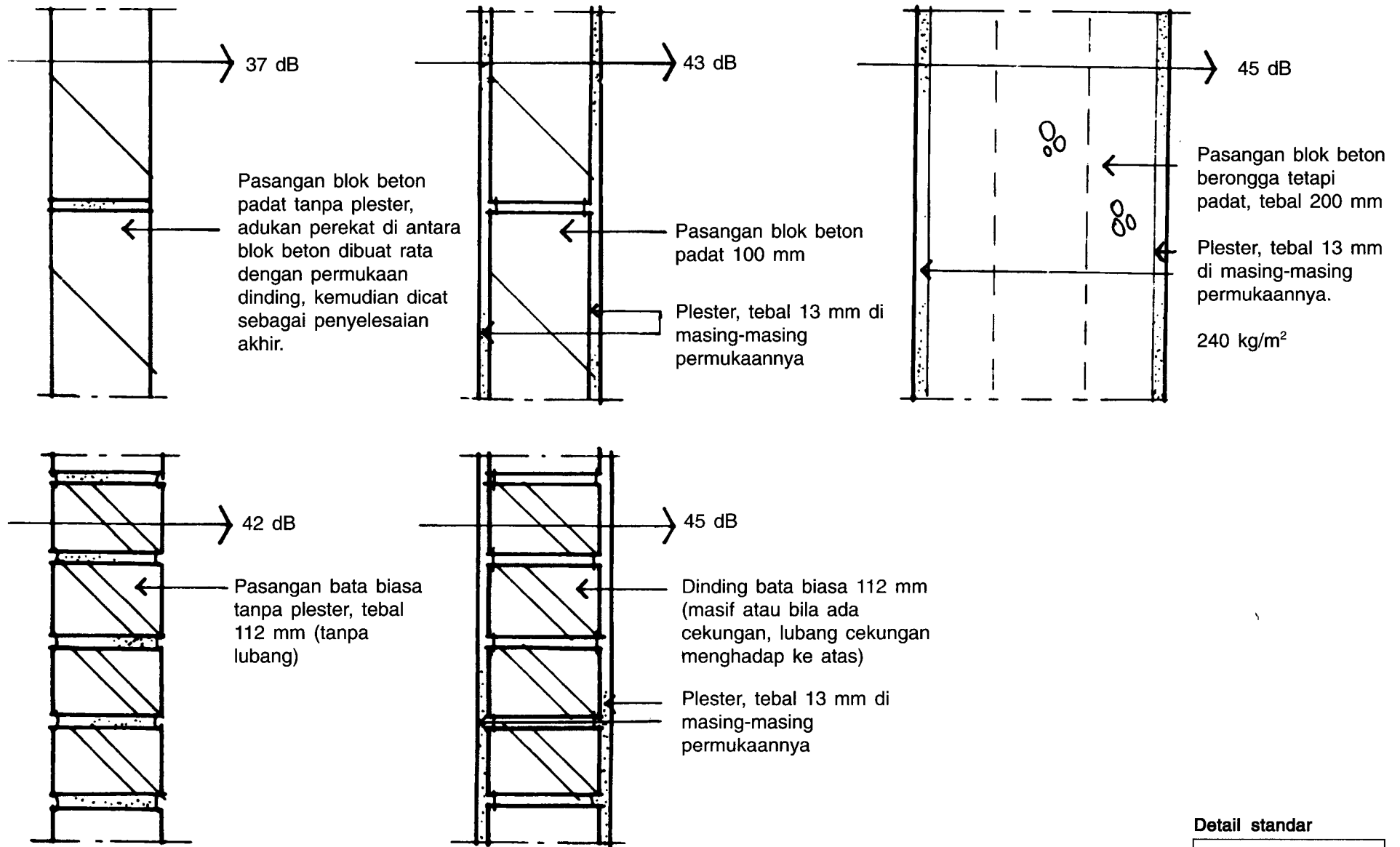
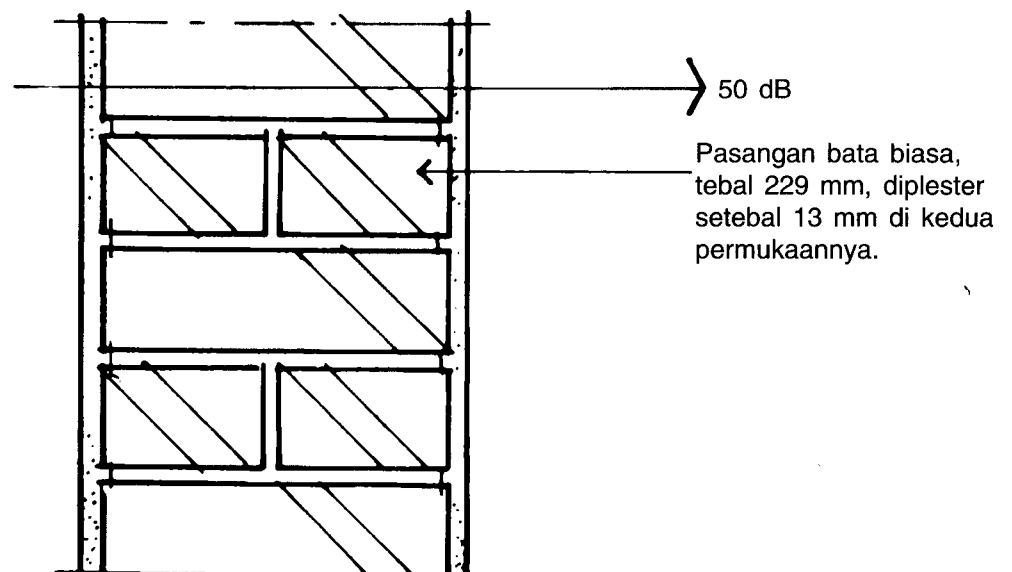
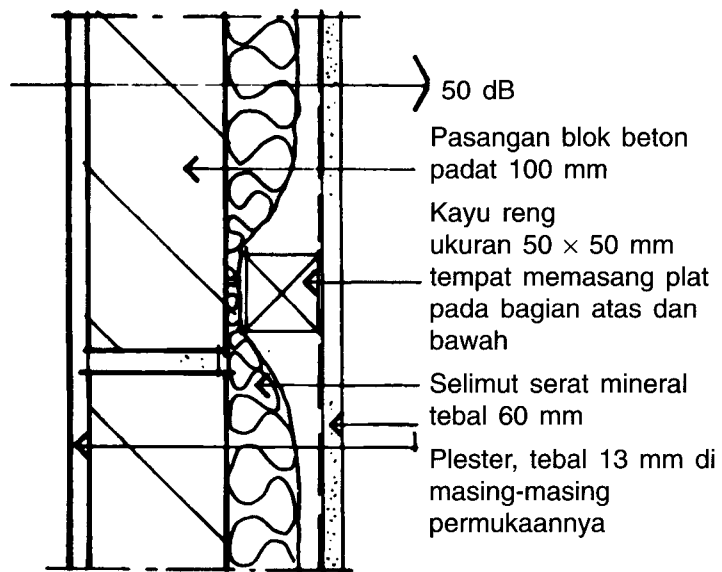
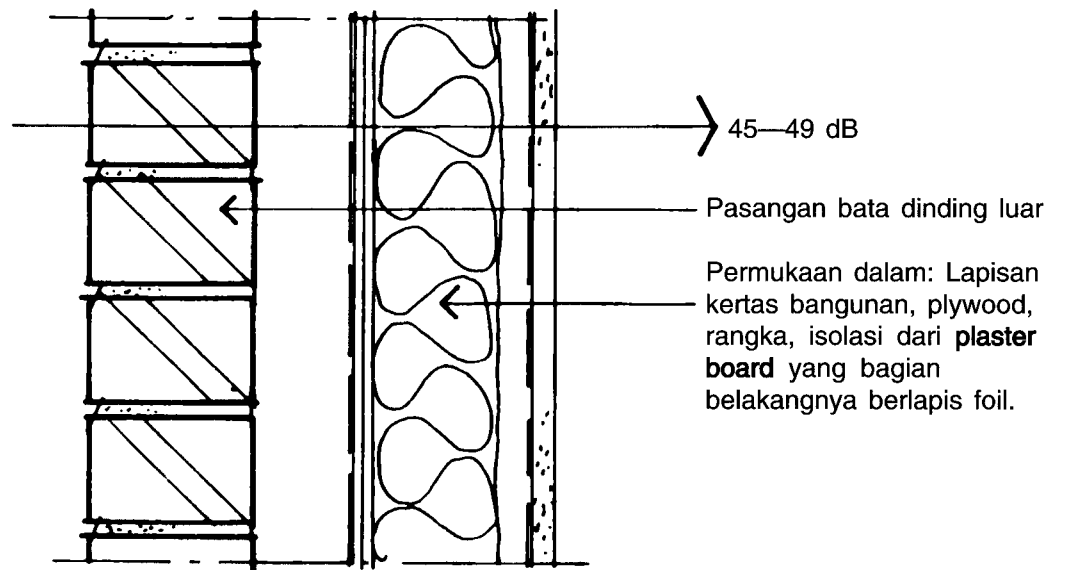
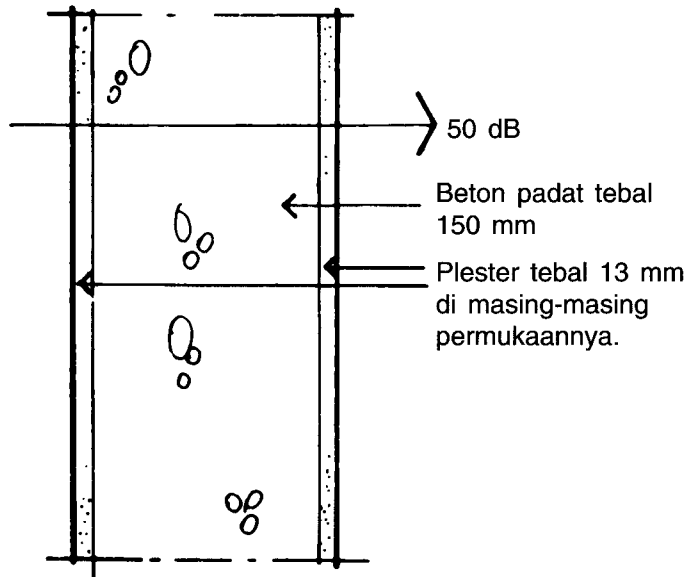
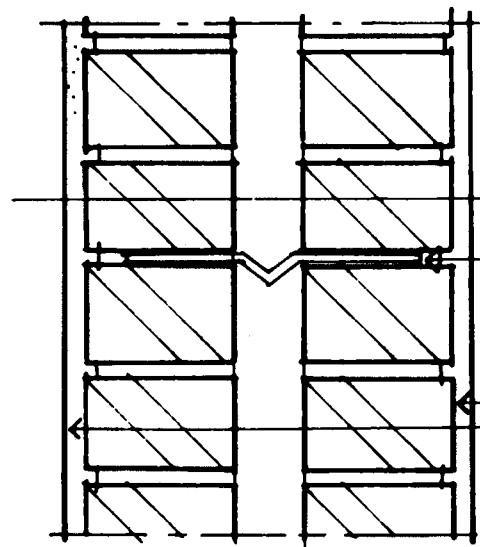
Frekuensi pusat pita oktaf ketiga (Hz)

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Hz
0,24	0,54	0,59	0,80	0,85	1,00	1,07	0,99	0,93	0,92	0,89	0,87	0,87	0,88	0,88	0,85	0,87	0,71	α

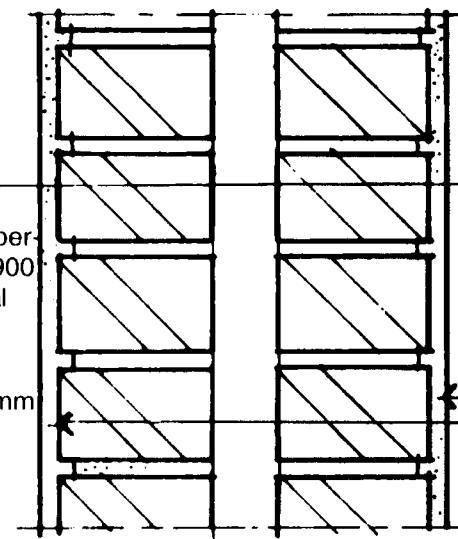
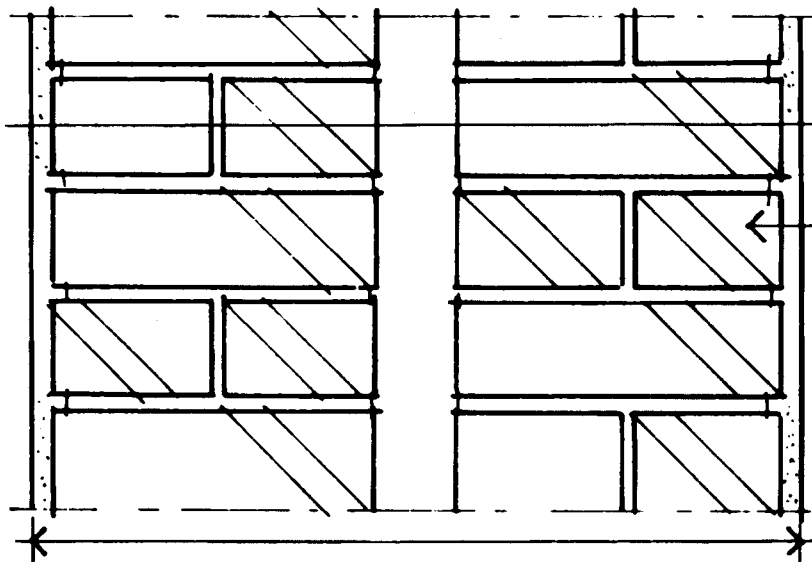
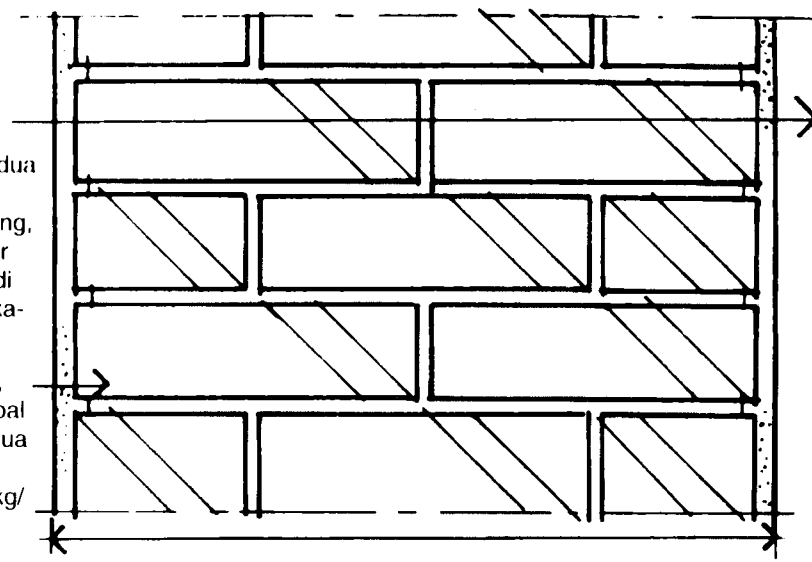
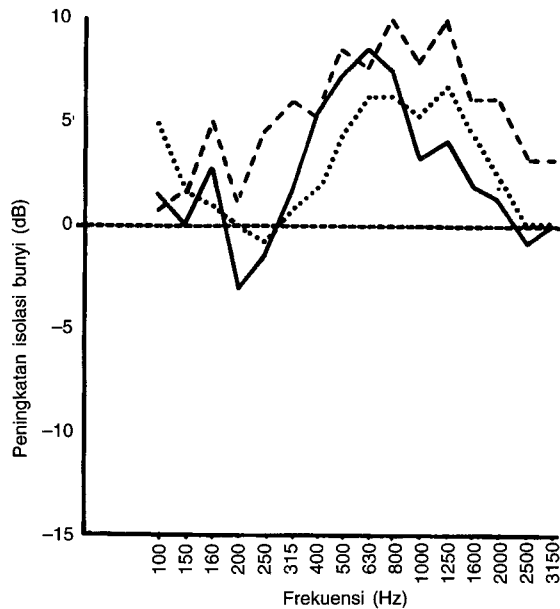
Sumber: Sandy Brown Associates/ University of Salford

Dinding penutup

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz
	35	37	40	43	47	47	49	49	50	52	54	57	60	60	61	dB

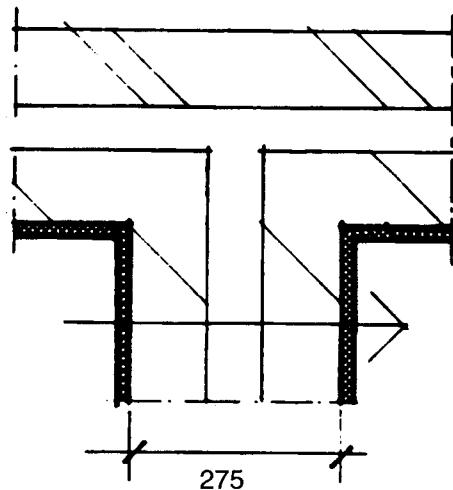
Pertemuan pada rangka baja struktural

Sumber: Dr Lang
Technologisches Gewerbe
Museum, Vienna

Dinding penyekat

37 dB
Pasangan blok beton padat tanpa plester, adukan perekat di antara blok beton dibuat rata dengan permukaan dinding, kemudian dicat sebagai penyelesaian akhir.
43 dB
Pasangan blok beton padat 100 mm
Plester, tebal 13 mm di masing-masing permukaannya
45 dB
Pasangan blok beton berongga tetapi padat, tebal 200 mm
Plester, tebal 13 mm di masing-masing permukaannya.
240 kg/m²
42 dB
Pasangan bata biasa tanpa plester, tebal 112 mm (tanpa lubang)
45 dB
Dinding bata biasa 112 mm (masif atau bila ada cekungan, lubang cekungan menghadap ke atas)
Plester, tebal 13 mm di masing-masing permukaannya

50 dB
Beton padat tebal 150 mm
Plester tebal 13 mm di masing-masing permukaannya.
45—49 dB
Pasangan bata dinding luar
Permukaan dalam: Lapisan kertas bangunan, plywood, rangka, isolasi dari **plaster board** yang bagian belakangnya berlapis foil.
50 dB
Pasangan blok beton padat 100 mm
Kayu reng ukuran 50 × 50 mm tempat memasang plat pada bagian atas dan bawah
Selimut serat mineral tebal 60 mm
Plester, tebal 13 mm di masing-masing permukaannya
50 dB
Pasangan bata biasa, tebal 229 mm, diplester setebal 13 mm di kedua permukaannya.

Detail standar

Dinding

Kunci	Pemasangan dinding eksternal	Pemasangan dinding pemisah
——	1 lapis 9,5 mm plasterboard	1 lapis 9,5 mm plasterboard
- - -	1 lapis 9,5 mm plasterboard	2 lapis 9,5 mm plasterboard
....	12,5 mm plester ringan	12,5 mm plster ringan

Peningkatan mutu isolasi yang terjadi sebagai hasil dari pemakaian berbagai jenis material pelapis dinding (sumber: CIRIA)

Dinding pemisah

Di samping massa dinding pemisah dan dinding luar, aspek-aspek berikut ini mempengaruhi isolasi suara melalui dinding yang digunakan.

1. Pengikat. Menghilangkan pemakaian pengikat pada dua dinding yang berdekatan, meningkatkan isolasi bunyi cukup besar. Pengikat jenis bentuk kupu-kupu lebih diutamakan daripada pengikat bentuk strip.
2. Isolasi rongga di antara 2 dinding. Lapisan serat mineral yang berkepadatan 60–70 kg/m^3 dalam rongga di antara 2 dinding meningkatkan mutu isolasi bunyinya karena dapat menghalangi alur bunyi yang menembus rongga (serat mineral harus dipasang dalam keadaan longgar).
3. Arah batang-batang rangka. Batang-batang yang dipasang sejajar terhadap dinding pemisah, dalam pengujian di laboratorium secara konsisten menunjukkan hasil isolasi suara yang lebih tinggi dibandingkan dengan batang-batang rangka yang tegak lurus terhadap dinding pemisah.
4. Kekakuan rangka dinding. Daripada ujung batang rangka dinding dibiarkan 'lepas', pertimbangkan penggunaan alat penggantung agar dapat terpeliharanya kesatuan dinding.
5. Pemakaian permukaan dinding yang kering. Efek lapisan penutup dinding ditunjukkan dalam gambar di sebelah kiri ini. Dua lapis plester kering pada dinding pemisah perlu untuk meningkatkan mutunya. Satu lapis sebenarnya dapat menurunkan isolasi bunyi untuk beberapa frekuensi yang disebabkan oleh resonansi.

Pasangan bata tebal 102 mm

Rongga udara, jarak 50 mm

pengikat jenis kupu-kupu

Pasangan blok beton, pelindung terhadap suhu udara, 100 mm

50 dB

Balok arah sejajar

Plester, tebal 12,5 mm

Pasangan bata biasa, 215 mm

51 dB

Plester padat, tebal 15 mm
Rongga udara, jarak 75 mm
Pasangan blok beton, pelindung terhadap suhu udara 100 mm.

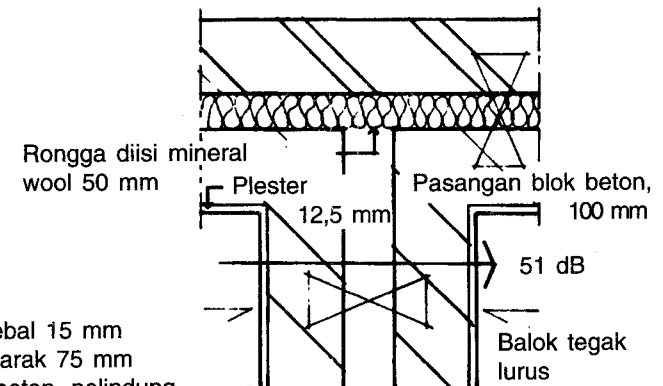
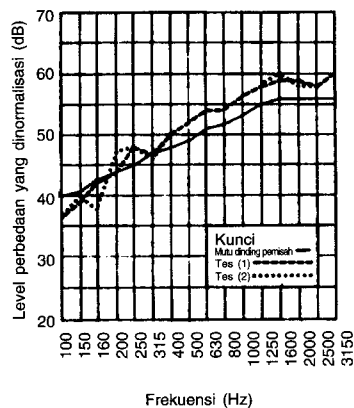
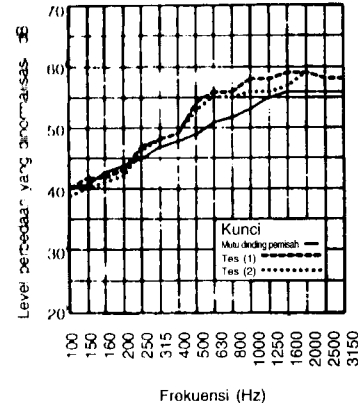
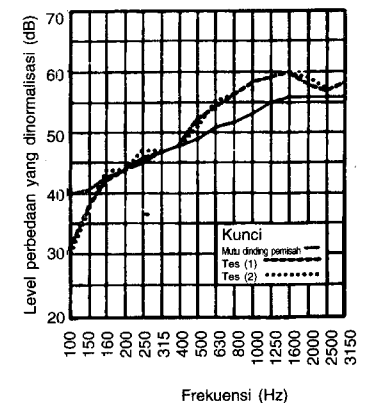
Rongga diisi mineral wool 50 mm

Plester 12,5 mm

Pasangan blok beton, 100 mm

51 dB

Balok tegak lurus

Dinding batu pemisah
Skala 1:10

Frekuensi (Hz)	Hasil tes (dB)	
	(1)	(2)
100	36	36
125	39	40
160	42	38
200	44	47
250	48	48
315	47	46
400	50	50
500	52	52
630	54	54
800	54	54
1000	56	56
1250	58	58
1600	59	60
2000	59	59
2500	58	58
3150	60	60
Rata-rata Isolasi	51	51
BS 5821: 1980 Perbedaan tingkatan pembobotan standar ($D_{n,T,w}$)	55	55

Frekuensi (Hz)	Hasil tes (dB)	
	(1)	(2)
100	40	[illegible]
125	42	40
160	42	41
200	43	42
250	47	46
315	48	46
400	49	49
500	54	53
630	56	55
800	56	56
1000	56	56
1250	58	58
1600	59	57
2000	59	59
2500	58	58
3150	58	58
Rata-rata Isolasi	52	50
BS 5821: 1980 Perbedaan tingkatan pembobotan standar ($D_{n,T,w}$)	56	55

Frekuensi (Hz)	Hasil tes (dB)	
	(1)	(2)
100	31	30
125	38	38
160	42	44
200	44	44
250	46	47
315	47	47
400	48	48
500	52	51
630	54	55
800	56	56
1000	58	58
1250	59	59
1600	60	60
2000	58	59
2500	57	57
3150	58	58
Rata-rata Insulasi	50	51
BS 5821: 1980 Perbedaan tingkatan pembobotan standar ($D_{n,T,w}$)	55	55

Mutu dinding pemisah –
Tes (1) ------------------------
Tes (4) ....

Sumber: CIRIA

Kelompok	Ukuran	Berat (kg/m²)	Jenis plestor	R_w(dB)
Masif, padat	440 × 215 × 100	210	Tanpa plestor ( )	49
		234	Berbobot ringan (L)	50
		258	Kerapatan (D)	51
		234	Dilapis dengan lapisan kering (plastorboard) (Y)	50
	440 × 215 × 100 posisi tidur	448		56
		472	L	57
		496	D	58
		472	Y	56
	440 × 215 × 140	280	—	52
		304	L	53
		328	D	53
		304	Y	53
	100/50/100	420	—	56
		444	L	57
		468	D	58
		444	Y	56
Berongga, padat/berbentuk sel-sel	440 × 215 × 100	190	—	48
		214	L	49
		238	D	50
		214	Y	49
	440 × 215 × 100	214	—	49
		238	L	50
		262	D	51
		238	Y	50
	440 × 215 × 215	270	—	51
		294	L	52
		318	D	53
		294	Y	52
	100/50/100	380	—	54
		404	L	54
		428	D	55
		404	Y	54
Berbobot ringan	440 × 215 × 100	155	—	46
		179	L	47
		203	D	48
		179	Y	47
	440 × 215 × 100 posisi tidur	344	—	54
		368	L	54
		392	D	55
		368	Y	54
	440 × 215 × 140	233	—	50
		257	L	51
		282	D	52
		257	Y	51
	100/50/100	310	—	53
		334	L	54 (D_{nTW} 58'dB)
		358	D	54
		334	Y	54

(rata-rata nilai indeks reduksi suara kurang dari 3 dB)

Peredaman suara pada berbagai jenis blok beton

Kerapatan (kg/m²)	OBCF (Hz) 125	250	500	1k	2k	4k
1550	0,25	0,25	0,20	0,30	0,40	0,45
2000	0,20	0,20	0,20	0,15	0,20	0,25
2100	0,15	0,15	0,10	0,15	0,30	0,35
1293 (rongga berlubang)	0,60	0,60	0,50	0,50	0,50	0,55

Karakter pasangan blok beton

Di samping kepadatan pasangan blok beton, perbandingan antara berat dan ketebalan dinding secara menyeluruh dapat dilihat. Blok beton berongga yang terbuat dari beton padat tetap sedikit lebih baik meskipun ukuran ketebalannya kecil (tipis), jika dibandingkan dengan beton ringan, tetapi lebih buruk untuk blok yang lebih tebal. Spesifikasi yang komprehensif adalah mutu akustiknya, kepadatan blok, ketebalan/massa permukaannya, masif tanpa rongga , dan kedua permukaannya diplester.

Sumber: Lignacite/Lignacrete, AIRO Ltd

Berdasarkan pengujian laboratorium, kecuali dinding berongga yang nilainya diperkirakan dari hasil-hasil pengujian.

Isolasi suara

Dinding Jenis 1: Dinding bata/blok beton masif

A	Dinding bata diplester di kedua permukaannya	(massa minimum 375 kg/m^2)
B	Dinding blok beton diplester di kedua permukaannya	(massa minimum 415 kg/m^2)
C	Dinding bata dengan papan plester di kedua permukaan-nya	(massa minimum 375 kg/m^2)
D	Pasangan blok beton dengan papan plester di kedua permukaannya	(massa minimum 415 kg/m^2)
E	Beton cor ditempat atau panel ukuran besar dengan plester	(massa minimum 415 kg/m^2)

Catatan

(i) Jenis D tidak termuat dalam edisi 1985

(ii) Tidak disebutkan secara khusus mengenai mutu pekerjaan yang mempengaruhi plasterboard. Isolasi suara akan terganggu jika mutu kerjanya buruk, oleh karena itu direkomendasikan agar papan-papan plester tersebut harus dipotong dengan tepat (celah antar panel tidak lebih dari 2 mm) dan celah yang ada diisi penuh sesuai ketebalan papan plesternya. Celah dan lubang-lubang, misalnya untuk pengkabelan dan sakelar listrik harus dibuat seminimal mungkin dan diisi dengan plester atau dempul.

(iii) 'Apapun cara pemasangan yang normal' untuk memasang papan plester dapat digunakan. Biasanya menggunakan rangka kayu lunak, tetapi cara-cara lain (misalnya dengan rangka baja berpenampang bentuk huruf 'C') dapat juga digunakan. Secara umum, isolasi suara meningkat sesuai dengan jarak rongga udara antara papan plester dan dinding temboknya.

Faktor kepadatan blok beton dan bata merupakan syarat utama. Tidak disebutkan secara khusus mengenai blok beton berongga; diasumsikan bahwa blok beton berongga yang padat diperbolehkan asalkan massanya memenuhi syarat yang ditetapkan. Jenis blok ringan lain tidak diizinkan.

Dinding Jenis 2: Dinding bata/blok semen berongga

Tiga jenis konstruksi yang diakui dan diilustrasikan sebagai jenis konstruksi yang sesuai untuk semua keadaan adalah sebagai berikut:

A Dua lapis dinding bata diplester setebal 13 mm di kedua permukaan yang menghadap ke dalam ruangan, jarak antar dinding yang membentuk rongga 50 mm. Minimum total massanya 415 kg/m^2

B. Dua lapis dinding blok semen diplester setebal 13 mm di kedua permukaan yang menghadap kedalam ruangan, jarak antar dinding yang membentuk rongga 50 mm. Minimum total massanya 415 kg/m^2.

C. Dua lapis dinding blok campuran bahan ringan, diplester atau dilapis plasterboard di kedua permukaan yang menghadap ke dalam ruangan. Minimum total massanya 300 kg/m^2. Jarak antar dinding yang membentuk rongga 75 mm.

Dua jenis konstruksi lainnya yang termasuk dalam daftar dan dianggap sesuai karena adanya perbedaan ketinggian permukaan lantai atau jarak 300 mm di antara dua ruangan:

D. Dua lapis dinding blok beton, jarak antar dinding yang membentuk rongga 50 mm, dilapis papan plester setebal 12,5 mm di kedua permuka-annya, minimum total massa dinding 415 kg/m^2.

E. Dua lapis dinding blok beton dengan campuran bahan ringan, jarak antar dinding yang membentuk rongga 75 mm, diplester atau dilapis plasterboard di kedua permukaannya. Total massa termasuk pekerjaan akhir 250 kg/m^2.

Dinding jenis 3: Dinding bata/blok beton di antara panel-panel isolasi

Empat jenis dinding bata/blok beton sebagai dinding inti dengan dua panel isolasi termasuk dalam daftar. Kombinasi antara dinding inti dan panel-panel juga diperbolehkan:

Dinding inti:
- A: Satu lapis dinding bata, massa minimal 300 kg/m^2
- B: Satu lapis dinding blok beton, massa minimal 300 kg/m^2
- C: Blok beton ringan, kepadatan maksimum 1600 kg/m^3, massa 160 kg/m^2
- D: Dinding bata atau blok beton dua lapis dengan rongga, besaran massanya bebas, kedua dinding dihubungkan hanya dengan pengikat jenis kupu-kupu, jarak dinding minimal 50 mm.

Panel-panel:
- E: Dua lembar papan plester digabung dengan bagian inti yang berupa sel-sel.
- F: Dua lembar papan plester dengan sambungan yang berbentuk garis patah-patah.

Catatan:

(i) Panel-panel harus diikat pada lantai dan langit-langit, tidak pada dinding intinya. Ada kombinasi lain dari dinding inti dan dinding-dinding penutup permukaan yang memenuhi syarat dengan menggunakan rangka lentur di antara dinding inti dan lapisan penutupnya.

Dinding pemisah

Catatan ringkas dari Peraturan Bangunan Bab E 1991 (diubah 1992)

Dinding jenis 4: Dinding berangka kayu

Dua konstruksi yang telah diakui adalah sebagai berikut:

A Dua bidang plasterboard, masing-masing 30 mm, terpisah sejauh 200 mm, masing-masing berada pada rangka yang berdiri sendiri, celah antara kedua dinding berisi serat mineral.

B Dua lembar plasterboard, masing-masing 30 mm, salah satu sisi dari masing-masing papan plester menempel pada dinding inti, mineral wool menempel pada salah satu permukaan dinding dalam rongga antar dinding yang ada. Harus ada jarak minimal 200 mm antara kedua bidang dinding tersebut (ketebalan dinding inti bebas) dan rangka di salah satu sisi harus terlepas dari dinding inti.

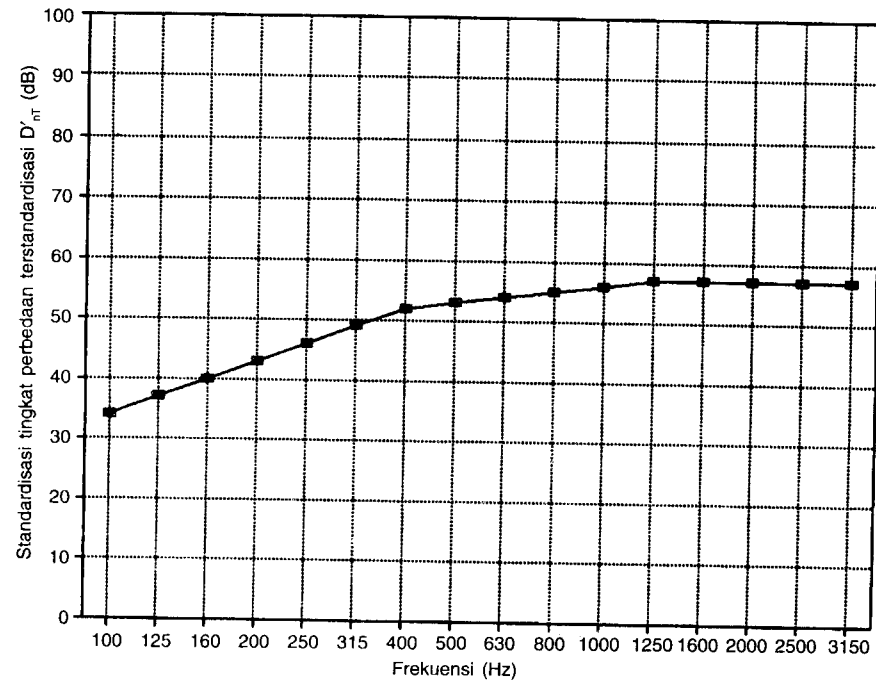
Catatan:

(i) Ketebalan serat mineral yang diperlukan tergantung pada cara pemasangannya: 25 mm jika digantung bebas, total 50 mm jika diikat pada salah satu atau kedua rangkanya. Ada sedikit keuntungan jika penggunaan serat mineral daripada hal ini atau jika melampaui kepadatan yang disyaratkan (10 kg/m³).

Ada konstruksi-konstruksi yang bersifat sedemikian rupa yang dapat memenuhi persyaratan jika menggunakan rangka metal dibandingkan dengan menggunakan rangka kayu.

Mutu kerja, pembuatan detail atau (diharapkan) tidak adanya penetrasi seperti lubang-lubang kabel listrik dan detail-detail seperti sambungan yang berupa garis-garis patah antara panel-panel plasterboard merupakan hal yang penting untuk konstruksi sejenis ini.

Persyaratan bangunan untuk bunyi yang merambat melalui udara dalam dB ($D'_{nT,w}$)

Individual dan konversi	Cara	
49	Pengujian sampai 4 pasang ruangan	53
	Pengujian sampai 8 pasang ruangan	52

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	D_nT_w
34	37	40	43	46	49	52	53	54	55	56	57	57	57	57	57	dB	53

Dinding pemisah

Catatan ringkas dari Peraturan Bangunan Bab E 1991 (diubah 1992)

Penahan api dari serat mineral diperkuat dengan kawat

Rongga udara pada dinding pembatas

Plywood 8 mm

Rangka pada dinding bagian dalam

Plasterboard tebal 12,5 mm

Isolasi suhu, 100 mm

Plasterboard penutup permukaan tebal 19 dan 12,5 mm

Selimut penyerap suara di dalam rongga udara

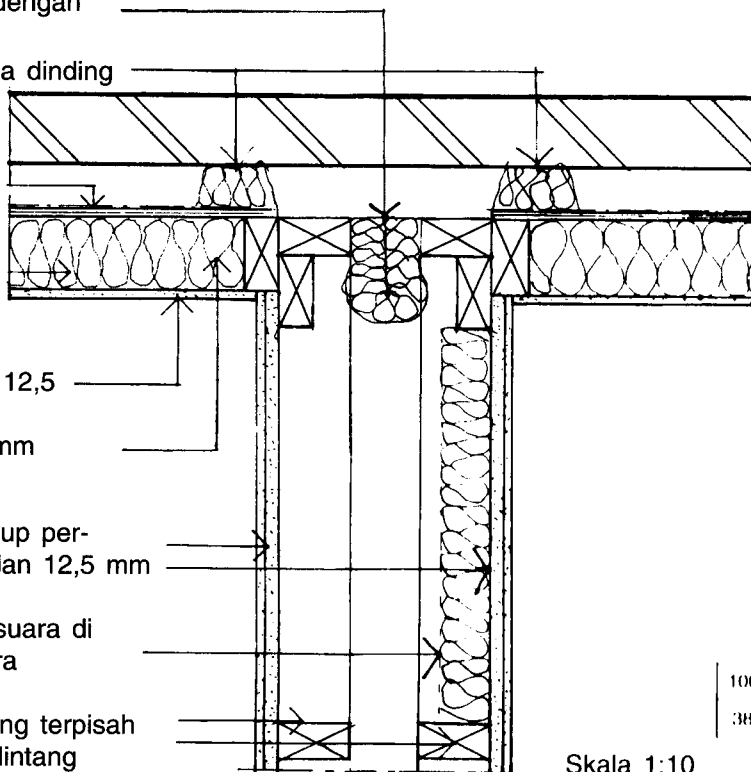
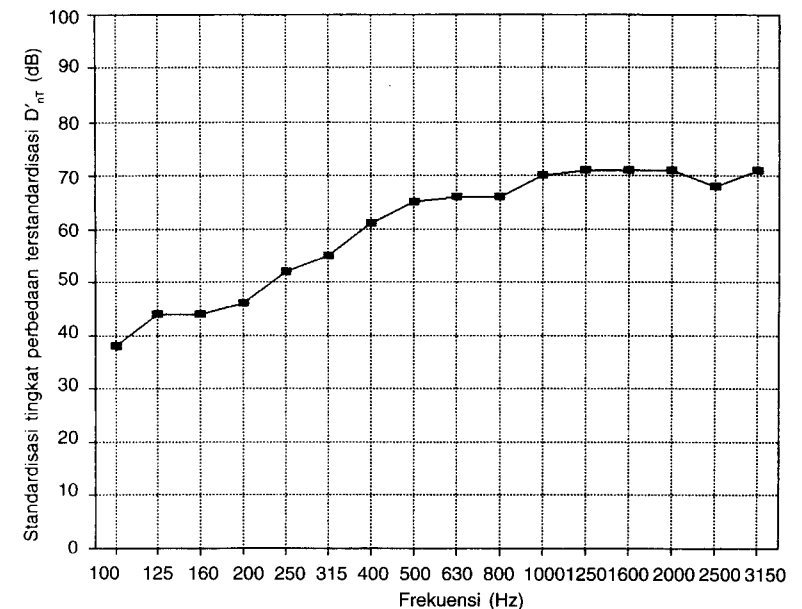
Rangka dinding yang terpisah tanpa pengikat melintang

Skala 1:10

Standardisasi tingkat perbedaan terstandardisasi D'_{nT} (dB)

100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0

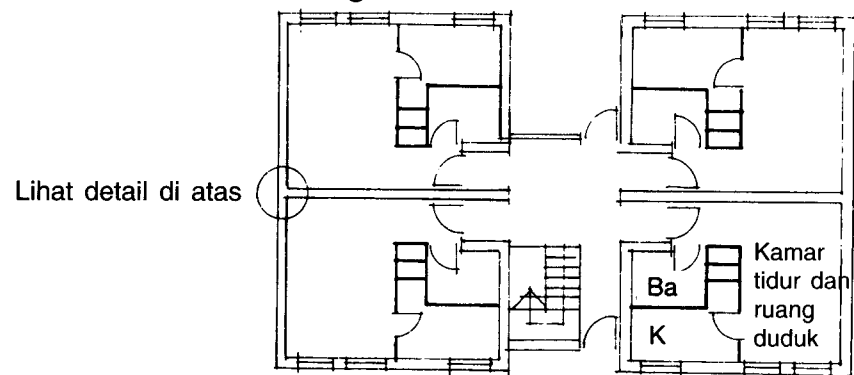
100 125 160 200 250 315 400 500 630 800 1000 1250 1600 2000 2500 3150

Frekuensi (Hz)

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	D'_nT_w
38	44	44	46	52	55	61	65	66	66	70	71	71	71	68	71	dB	64

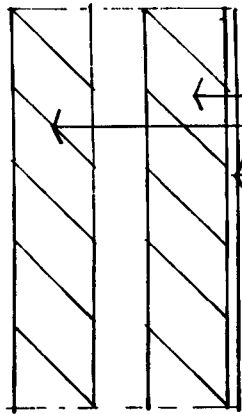
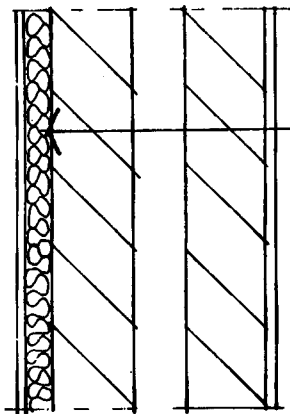
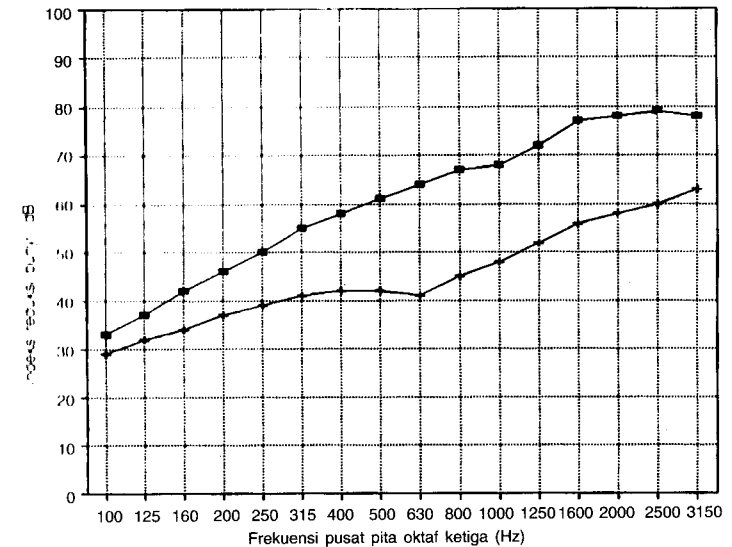
Kamar tidur dan ruang duduk

Denah ruang
Skala 1:20

Kamar tidur dan ruang duduk

Detail

Konstruksi dinding pemisah ringan yang dibuat dengan teliti, tidak lebih buruk dari dinding pasangan bata/blok beton, seperti yang ditunjukkan dalam pengujian pada bangunan flat yang sudah jadi.

Sumber: Wimpey Laboratories Ltd

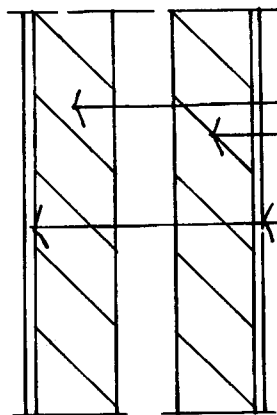
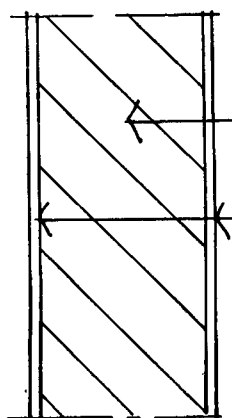
Dinding pemisah

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
33	37	42	46	50	55	58	61	64	67	68	72	77	78	79	78	dB	-■-
29	32	34	37	39	41	42	42	41	45	48	52	56	58	60	63	dB	– + –

Dinding berongga dengan lapisan penutup pada permukaannya

Hasil dari program pengujian dalam bentuk penambahan lapisan untuk meningkatkan dinding tembok menunjukkan bahwa:

1. Peningkatan menjadi lebih baik dengan adanya lapisan penutup pada salah satu sisi (menutup kedua sisi permukaan, hanya menambah lebih baik sedikit lagi).
2. Lebih berarti menempelkan daripada memasang panel-panel.

Sumber: Pilkington Fibreglass
University of Salford Dept. of Aplied Acoustic

Dinding

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci	
35	37	43	39	39	41	44	45	49	51	54	55	56	57	58	56	dB	–■–	Dengan plester
32	35	38	36	39	38	40	43	45	47	49	51	53	55	53	54	dB	– + –	Tanpa plester

Pengujian di lapangan untuk dinding tembok

Hasil-hasil menunjukkan lebih baik jika dibandingkan dengan Tabel 2/Bagian 3/Dokumen 'E' yang diakui, Peraturan Bangunan 1991 (diubah 1992), walaupun konstruksi ini tidak secara khusus termasuk dalam daftar dokumen yang diakui, dan massa-massa minimum kurang dari contoh-contoh konstruksi dinding pemisah yang telah diakui.

AIRO telah menemukan 'faktor koreksi' sebesar 3 dB, pada hasil-hasil pengujian di lapangan jika dibandingkan dengan hasil pengujian di laboratorium.

Sumber: Celcon Ltd/IRO Ltd

Penahan kebakaran

Rongga udara di bawah atap.

Dua lapis plasterboard tebal 42 mm sebagai penutup di kedua permukaan dinding tembok, celah yang ada di bagian tepi dinding diisi dengan kayu lis penutup celah.

Serat mineral padat pengisi celah.

Selimut serat mineral tebal 25 mm.

Dinding tembok inti dari pasangan blok beton, tebal 140 mm (1200 kg/m³).

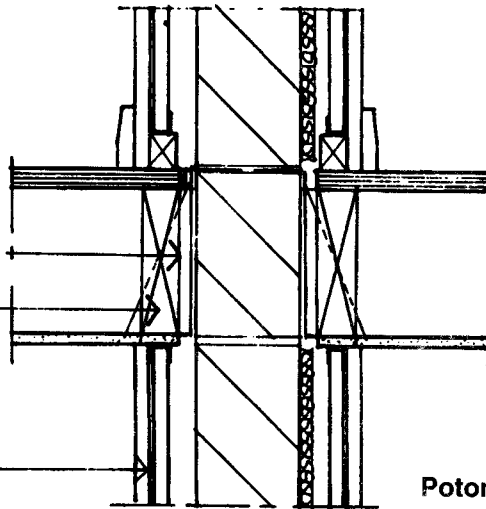
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	$D_{nT,w}$
35	40	43	47	49	50	55	56	56	57	57	57	59	58	58	58	dB	56

Isolasi terhadap dinding tembok inti dipertahankan pada bagian luarnya dengan memasang plasterboard penutup permukaan dinding berongga yang menghadap ke bagian dalam ruangan. Menghindari konstruksi balok anak lantai yang merupakan bagian struktur bangunan (built in) dapat menjaga keutuhan dan isolasi dinding inti. Dinding pemisah jenis ini hanya digunakan untuk lantai dasar beton.

Detail potongan dinding pemisah yang permukaannya ditutup papan plester. Skala 1:10

Sumber: The cement and Concrete Association/ Wimpey Laboratories Ltd

Potongan pada lantai

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	$D_{nT,w}$
40	42	45	49	54	51	55	56	56	57	58	58	57	58	60	60	dB	57

Pasangan blok beton 140 mm, 1200 kg/m^3 (hasil-hasil yang umum diperoleh pada pasangan blok beton 475 kg/m^3–1200 kg/m^3)

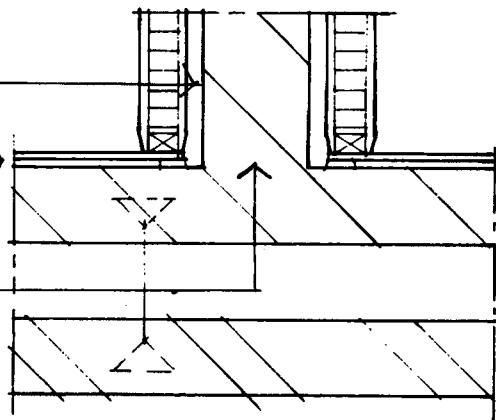
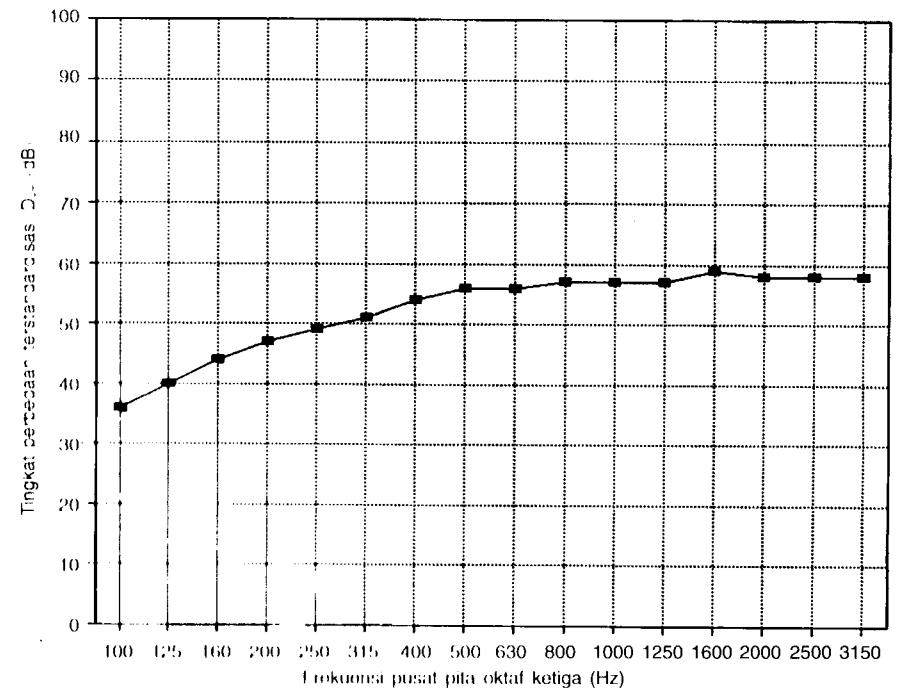
Papan dinding tebal 9,5 mm di atas permukaan plester

Pengikat metal atau sambungan pengikat blok pada dinding luar

Denah

Skala 1:10

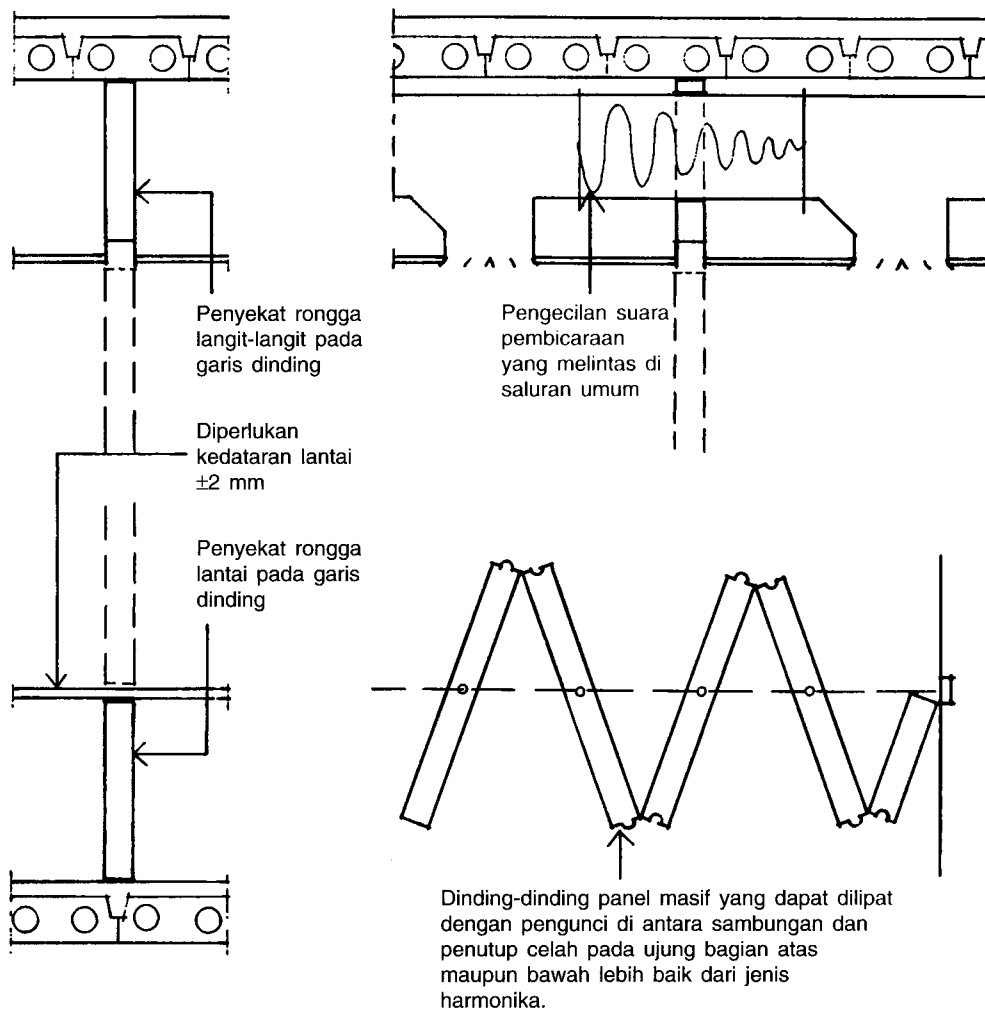
Balok anak yang tegak lurus terhadap dinding pemisah tidak menurunkan mutu nya jika penggantung balok anak tersebut dilepas dari permukaan tembok inti. Pengikat metal dapat juga digunakan sebagai struktur pengekang gaya lateral pada lantai perantara di sepanjang konstruksi dinding pemisah.

Sumber: Cement and Concrete Association

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	$D_{nT,w}$
36	40	44	47	49	51	54	56	56	57	57	57	59	58	58	58	dB	56

Sistem penutup dinding Gyproc berlaminasi, Gyproc tebal 42 mm dapat digunakan sebagai alternatif dari papan partisi Paramount tebal 57 mm dan hanya ada sedikit perbedaan dalam hal hasil yang dicapai untuk kedua metode tersebut.

Sumber: Cement and Concrete Association

Dinding

Dinding-dinding panel masif yang dapat dilipat dengan pengunci di antara sambungan dan penutup celah pada ujung bagian atas maupun bawah lebih baik dari jenis harmonika.

Menyelidiki persyaratan yang dibutuhkan untuk hasil isolasi

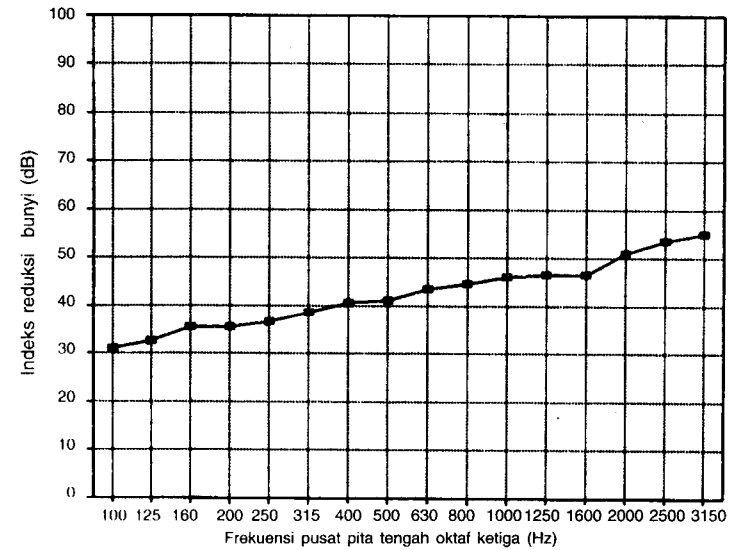
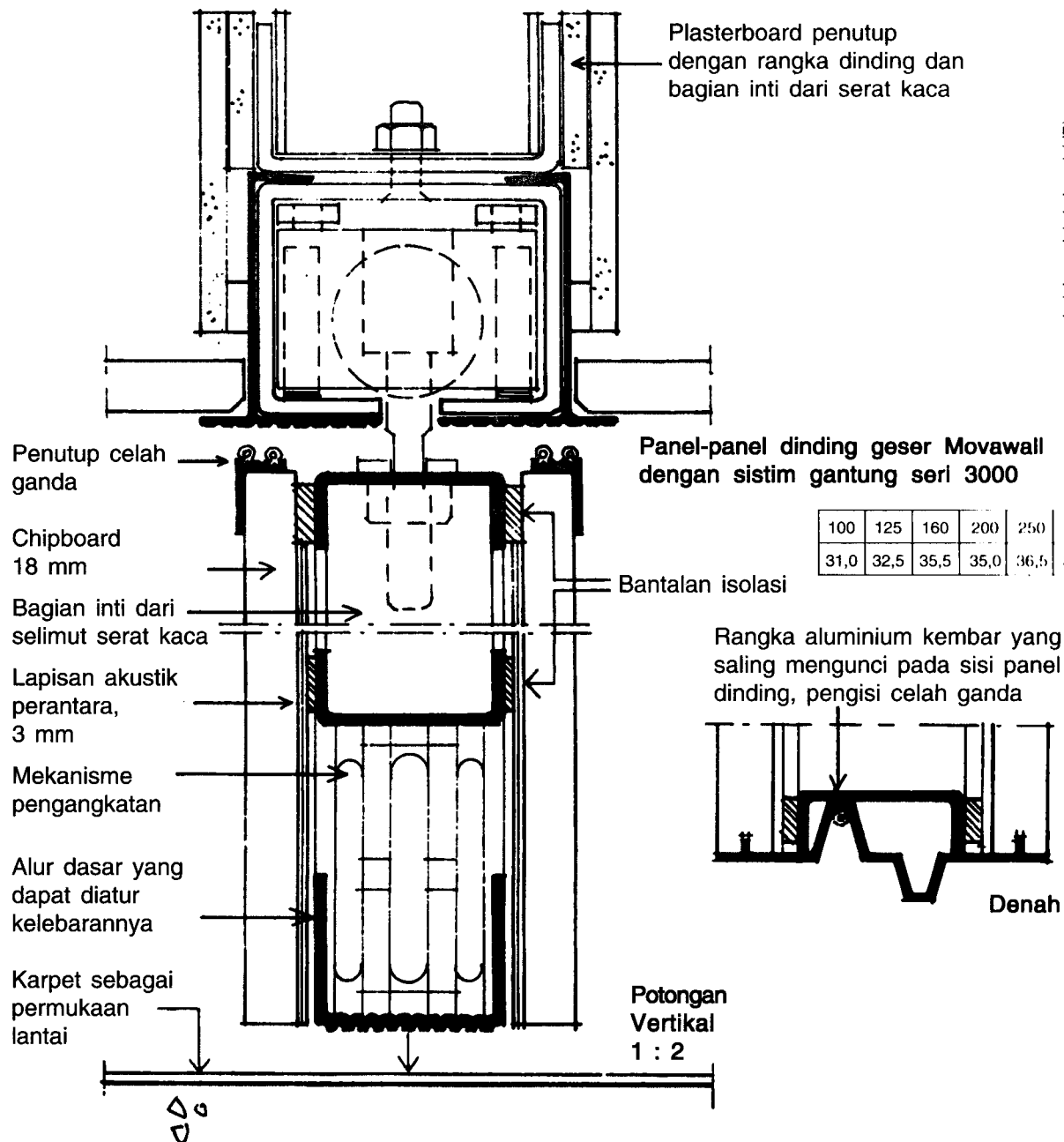
Hasil isolasi suara	Dibutuhkan dalam bangunan R'_w	Dibutuhkan dalam laboratorium R_w	Prasyarat agar memenuhi kebutuhan dalam bangunan dengan tingkat kepastian yang memadai.
Isolasi suara yang baik untuk suara percakapan yang keras	52 51 50 49 48	58 57 56 55 54	Ahli akustik dilibatkan di seluruh proses pembangunan. Seluruh dinding dilaksanakan oleh tenaga kerja yang telah terlatih.
Isolasi suara bermutu sedang untuk suara percakapan yang keras	47 46 45 44	53 52 51 50	Ahli akustik dilibatkan dalam perencanaan. Seluruh dinding dilaksanakan oleh tenaga kerja yang sudah terlatih.
Isolasi suara yang baik untuk suara percakapan normal	43 42 41 40	49 48 47 46	Pedoman umum akustik harus dipatuhi. Pemasangan dilakukan oleh orang-orang yang terlatih.
Isolasi suara yang bermutu sedang untuk suara percakapan normal	39 38 37 36 35	45 44 43 42 41	Pedoman umum akustik harus dipatuhi. Pemasangan dilakukan oleh orang-orang yang terlatih.
Isolasi suara bermutu sedang, tanpa persyaratan khusus.	34 33 32 31 30	40 39 38 37 36	Sambungan harus ditutup dengan baik. Pemasangan harus mengikuti petunjuk yang ada.
Isolasi suara agak buruk	29 28 27 26 25	35 34 33 32 31	Pemasangan harus mengikuti petunjuk yang ada.
Isolasi suara buruk	24 23 22 21 20	27 26 25 24 23	Pemasangan harus mengikuti petunjuk yang ada.

Dinding yang dapat dipindahkan/partisi lipat setelah dipasang seringkali mengecewakan hasilnya jika dibandingkan dengan hasil pengujian di laboratorium; hal ini mungkin dari panelnya saja dan bukan dari konstruksi secara keseluruhan.

Variasi yang ada antara hasil pengujian di laboratorium dan pengujian di lapangan disarankan oleh standar VDI Jerman sebesar 6—10 dB untuk isolasi tinggi pada dinding yang dapat dipindahkan dan 3—7 dB untuk isolasi rendah.

Sumber: Swedish National Testing and Research Institute

Dinding yang dapat dipindahkan

Panel-panel dinding geser Movawall dengan sistim gantung seri 3000

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w
31,0	32,5	35,5	35,0	36,5	38,5	40,5	41,0	43,5	44,5	46,0	46,5	46,5	51,0	53,5	55,0	dB	45

Sumber: Movawall (UK) Ltd/AIRO

Dinding yang dapat dipindahkan

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w
35,3	37,5	31,3	38,2	40,4	41,7	46,6	50,0	51,0	51,9	51,9	53,3	53,3	55,6	59,1	51,2	dB	51

Unit dinding dengan kaca dobel:
Kaca yang telah diperkeras dari Pilkingtons Antisun, tebal 10 mm/celah udara 16 mm/dilaminasi dengan lapisan kaca perata permukaan tebal 6,4 mm

rongga udara 100 mm

Kaca berlaminasi 8,4 mm

Peredam bunyi Pavaroc 16 mm

Kaca yang diperkeras, 10 mm

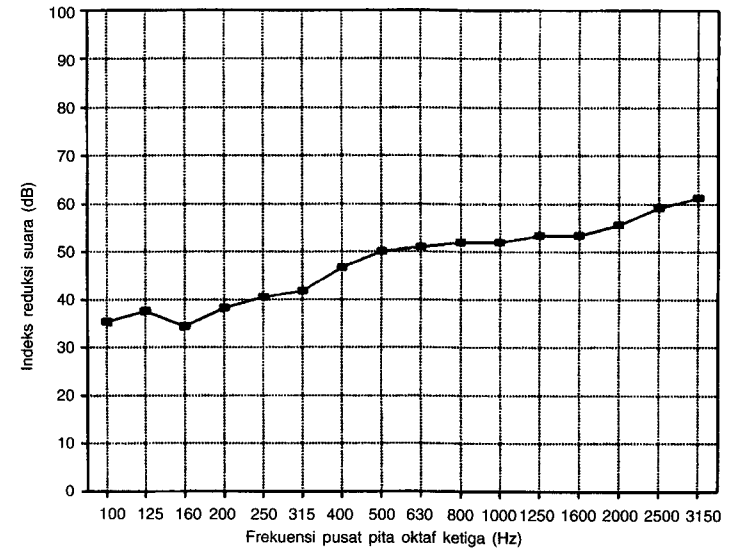
Tatakan penutup dari aluminium sedalam 75 mm tebal 2 mm

Serat mineral wool 80 mm, 80 kg/m³

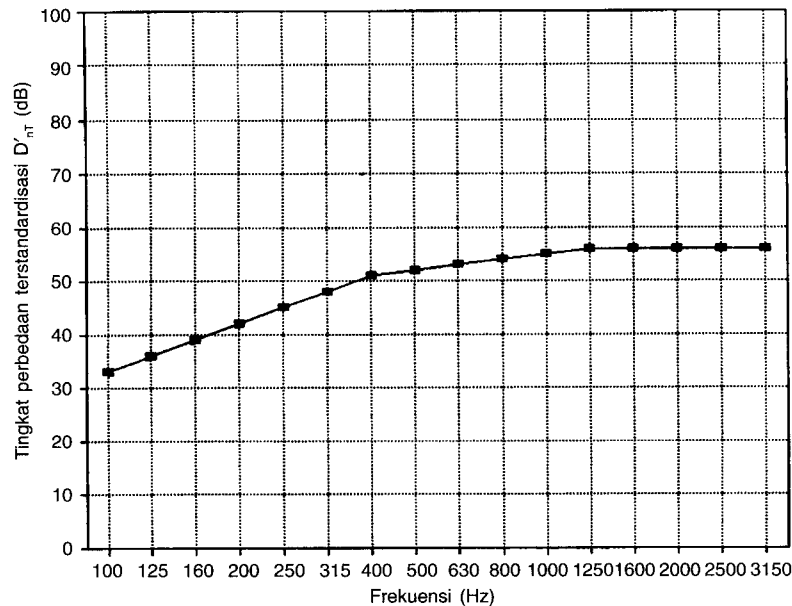
Lembaran baja galvanis 3 mm

Detail potongan 1:5

Panel contoh untuk pengujian 1:50

2 lapis panel kaca, 2 panel masif dalam satu sistim rangka

Sumber: Felix Construction SA/University of Salford

Dinding tirai (penghalang cahaya)

Lantai

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	$D_{nT,w}$
33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	dB	52

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	$L_{nT,w}$
63	63	63	63	63	63	62	61	60	59	58	55	52	49	46	43	dB	61

-■- Peraturan Bangunan 1985 dan 1991 (Angka-angka D'_{nT}).

Persyaratan dalam dB ($D'_{nT,w}$) untuk bunyi yang merambat melalui udara

Individual dan konversinya	Cara yang dilakukan	
48	Pengujian terhadap 4 pasang ruangan	52
	≥ Pengujian terhadap 8 pasang ruangan	51

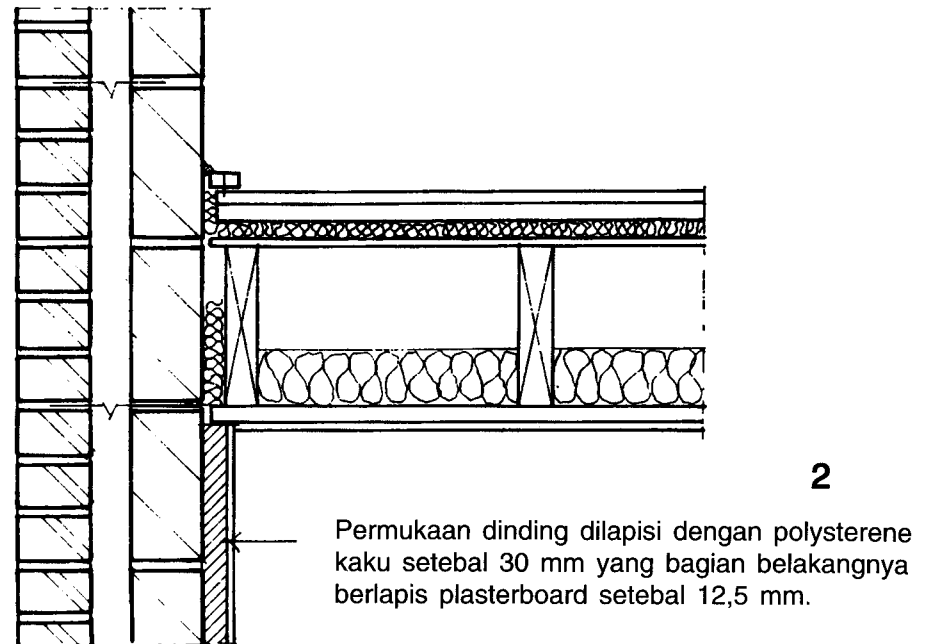
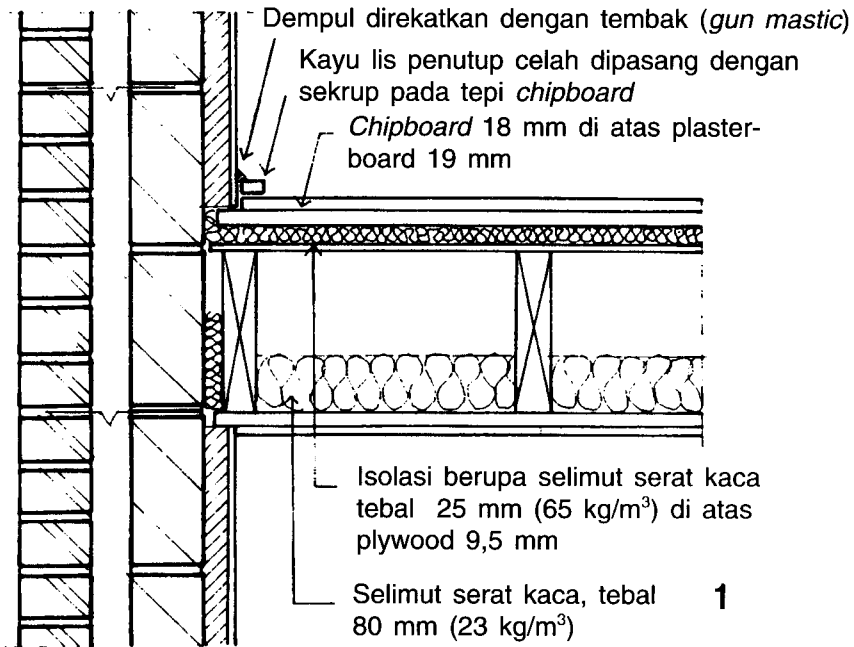
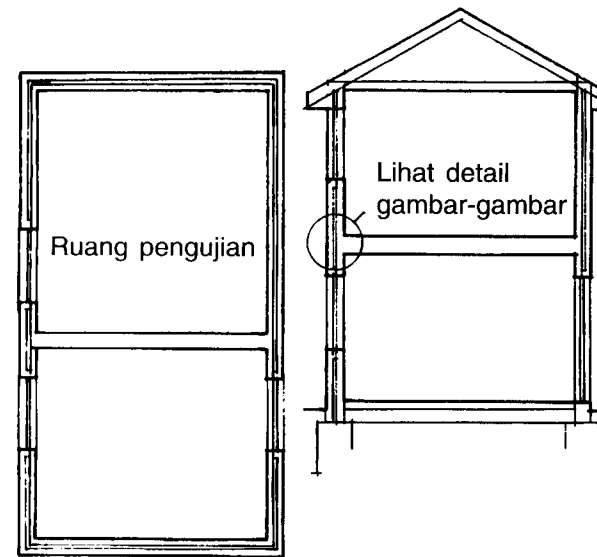
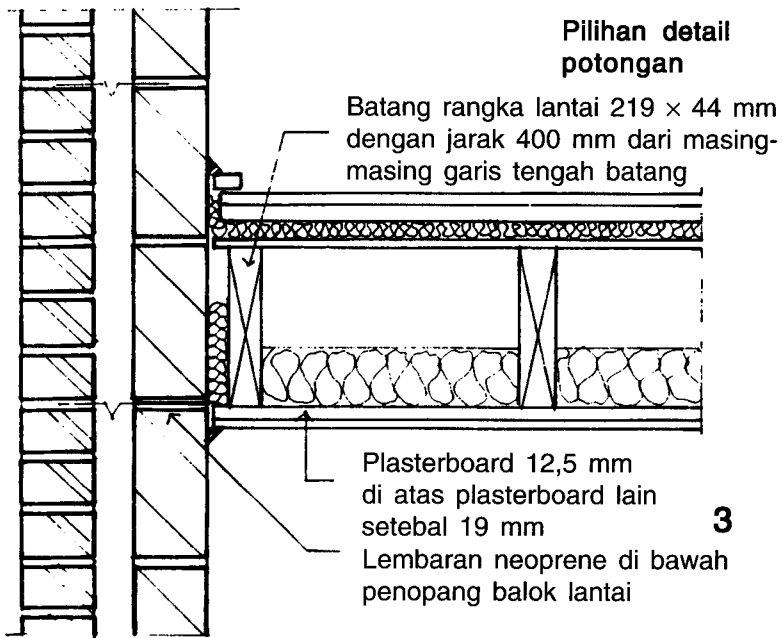
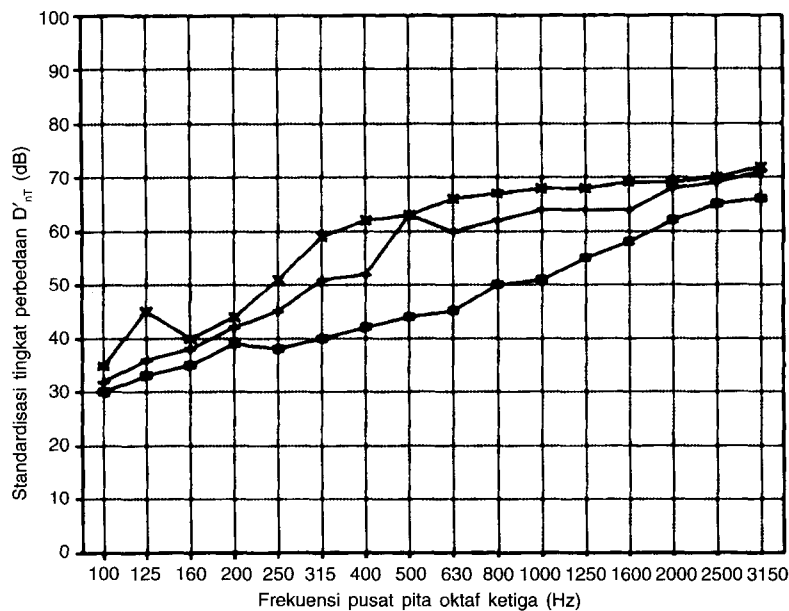
-■- Peraturan Bangunan 1985 dan 1991 (Angka-angka L'_{nT})

Persyaratan dalam dB ($L'_{nT,w}$) untuk bunyi akibat benturan

Individual dan konversinya	Cara yang dilakukan	
65	Pengujian terhadap 4 pasang ruangan	61
	> Pengujian terhadap 8 pasang ruangan	62

Angka tunggal diambil dari kurva referensi pada frekuensi 500 Hz

Sumber:
BS 5821: Part 1&2 193
ISO 717: 1982
Building Regulations Part E

Lantai pesta

Dempul direkatkan dengan tembak (gun mastic)
Kayu lis penutup celah dipasang dengan sekrup pada tepi chipboard
Chipboard 18 mm di atas plasterboard 19 mm
Isolasi berupa selimut serat kaca tebal 25 mm (65 kg/m3) di atas plywood 9,5 mm
Selimut serat kaca, tebal 80 mm (23 kg/m3)
1
Pilihan detail potongan
Batang rangka lantai 219 x 44 mm dengan jarak 400 mm dari masing-masing garis tengah batang
Plasterboard 12,5 mm di atas plasterboard lain setebal 19 mm
3
Lembaran neoprene di bawah penopang balok lantai
2
Permukaan dinding dilapisi dengan polysterene kaku setebal 30 mm yang bagian belakangnya berlapis plasterboard setebal 12,5 mm.
Ruang pengujian
Lihat detail gambar-gambar
Sumber: Timber Research and Development Association
Lantai kayu

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
30	33	35	39	38	40	42	44	45	50	51	55	58	62	65	66	dB	-■-
32	36	38	42	45	51	52	55	60	62	64	64	64	68	68	71	dB	-+-
36	45	40	44	51	59	62	63	66	67	68	68	68	69	70	72	dB	-×-

Bunyi yang merambat melalui udara

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
66	67	68	69	62	60	57	53	50	44	40	35	31	26	22	18	dB	-■-
69	64	65	68	62	61	57	54	60	44	40	35	31	26	22	19	dB	-×-
65	64	66	67	64	62	59	55	53	50	42	39	34	30	24	23	dB	-+-

Bunyi akibat benturan

-×- Dinding-dinding pada lantai dasar dan lantai pertama yang dilapis (lihat gambar detail Potongan 1)

-+- Dinding lantai dasar saja yang dilapis (2).

-■- Dinding-dinding yang tidak dilapis.

Perbaikan dengan menggunakan lapisan kering

Hasilnya menunjukkan bahwa lapisan penutup yang kering pada lantai dasar dan lantai pertama meningkatkan mutu isolasi bunyi yang merambat melalui udara dengan berkurangnya efek pembelokan bunyi.
Pengujian di laboratorium pada BS 2750: 1980/ISO 140/ASTM E90-75 menunjukkan hasil-hasil yang serupa kecuali untuk angka-angka 'H.F.' yang lebih tinggi.

Sumber: Timber Research and Development Association

Lantai kayu

Plywood 12,5 mm dipaku pada kayu kaso 50 × 50 mm di atas lapisan yang bersifat lentur

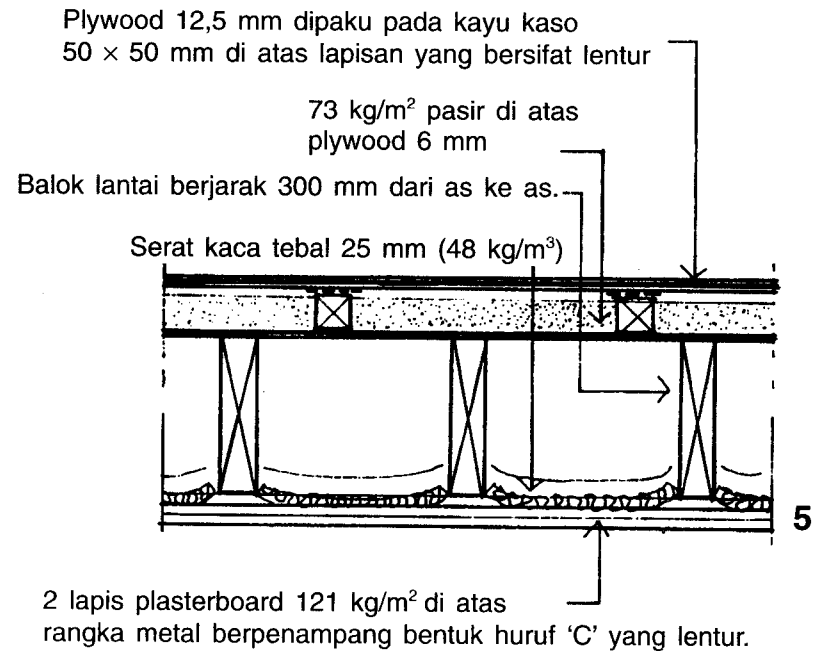
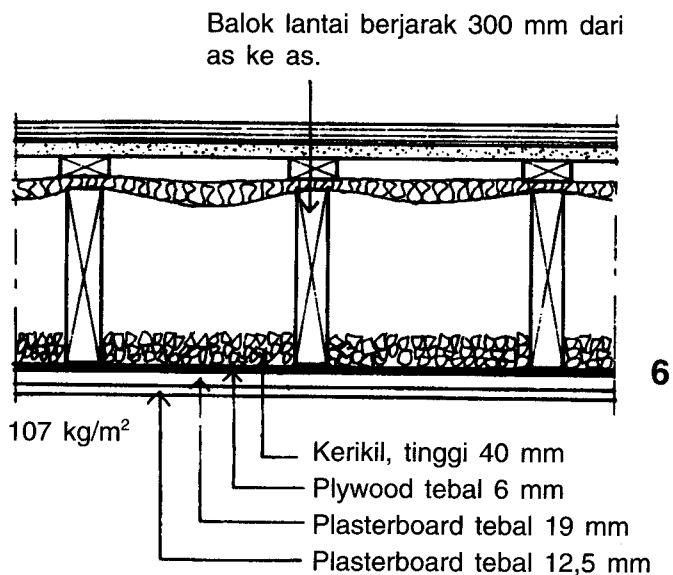
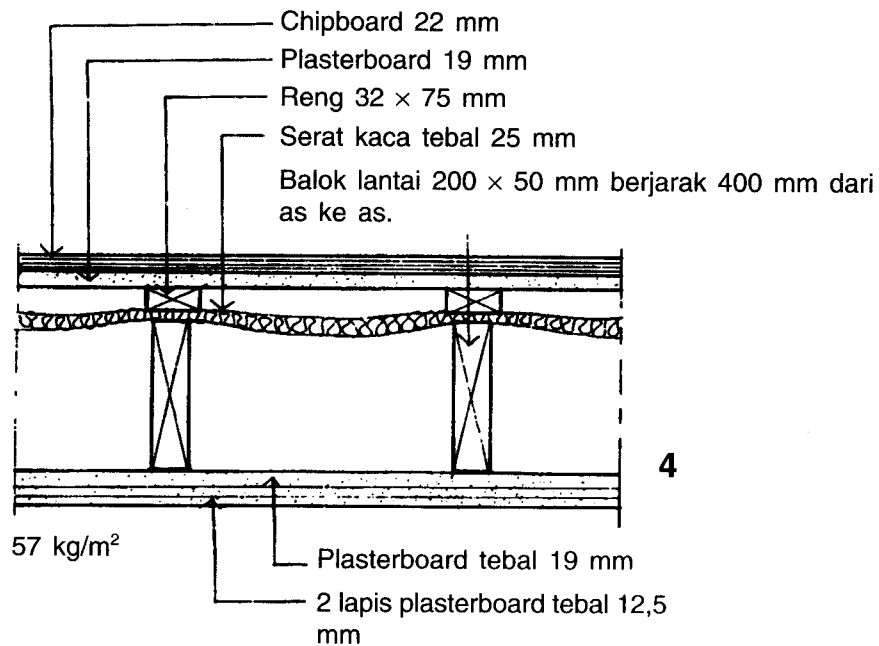
73 kg/m² pasir di atas plywood 6 mm

Balok lantai berjarak 300 mm dari as ke as.

Serat kaca tebal 25 mm (48 kg/m³)

5

2 lapis plasterboard 121 kg/m² di atas rangka metal berpenampang bentuk huruf 'C' yang lentur.

Balok lantai berjarak 300 mm dari as ke as.

Lantai kayu yang baik harus mempunyai sifat-sifat berikut:

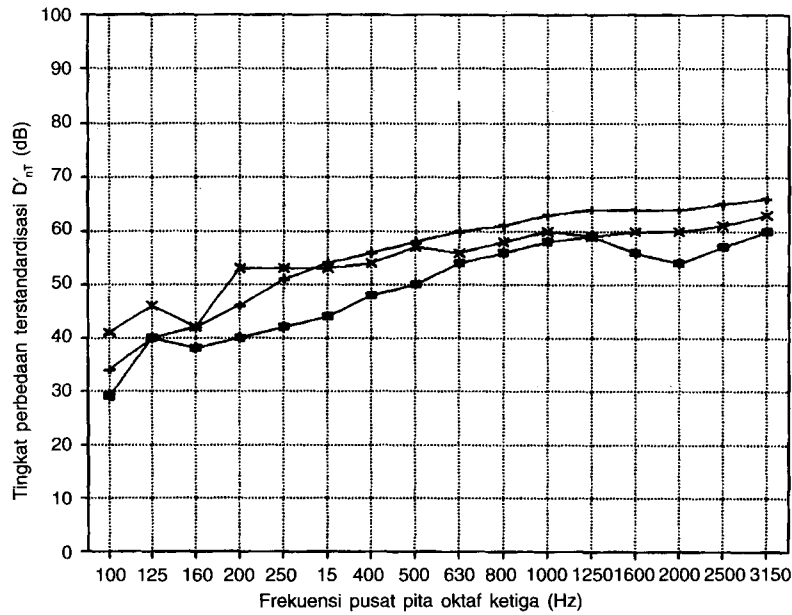
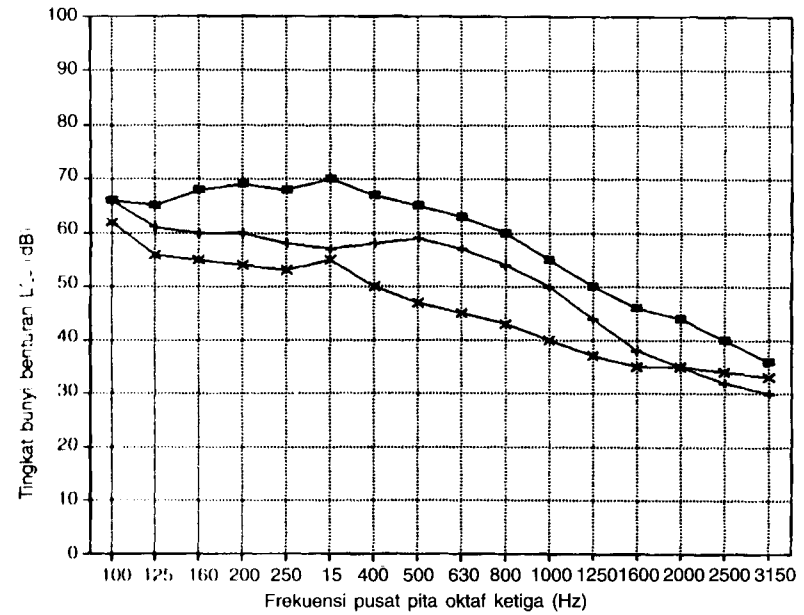
- Lantai dek yang mempunyai sifat isolasi memadai
- Rangka pendukung lantai yang kokoh
- Ada lembaran peredam bunyi pada rongga di bawah lantai
- Langit-langit yang memadai

Konstruksinya jangan terlalu rumit sehingga memerlukan ketelitian kerja yang berlebihan.

Penambahan material penyerap bunyi (6) disukai pada konstruksi-konstruksi di Skotlandia

Konduit-konduit listrik dapat tetap dipasang di dalam pasir (5)

Beberapa kemungkinan potongan detail

Sumber: Timber Research and Development Association

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
29	40	38	40	42	44	48	50	54	56	58	59	56	54	57	60	dB	-■-
34	40	42	46	51	54	56	58	60	61	63	64	64	64	65	66	dB	-+-
41	46	42	53	53	53	54	57	56	58	60	59	60	60	61	63	dB	-×-

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
66	65	68	69	68	70	67	65	63	60	55	50	46	44	40	36	dB	-■-
66	61	60	60	58	57	58	59	57	54	50	44	38	35	32	30	dB	-+-
62	56	55	54	53	55	50	47	45	43	40	37	35	35	34	33	dB	-×-

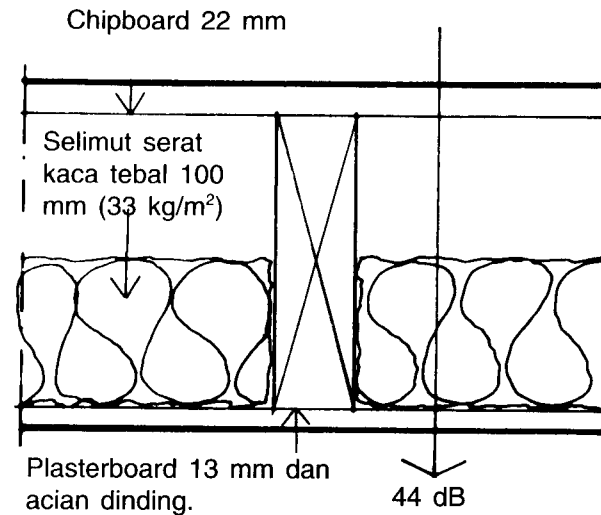
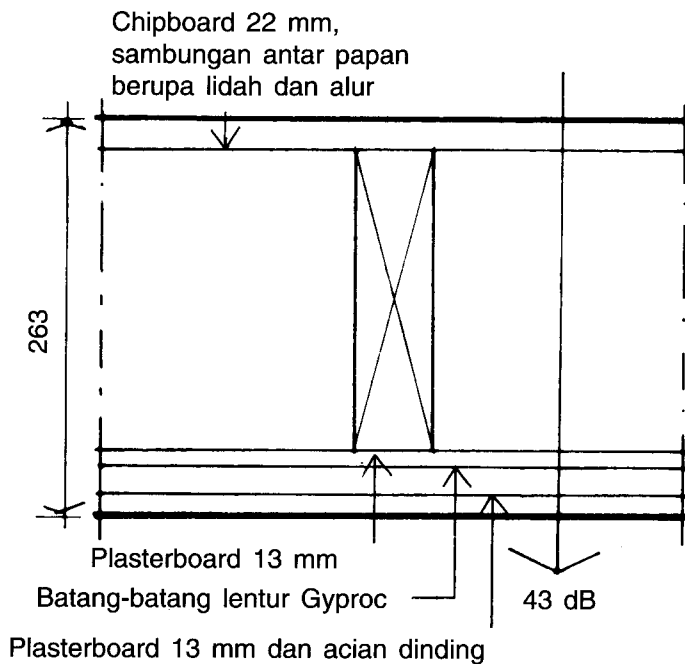
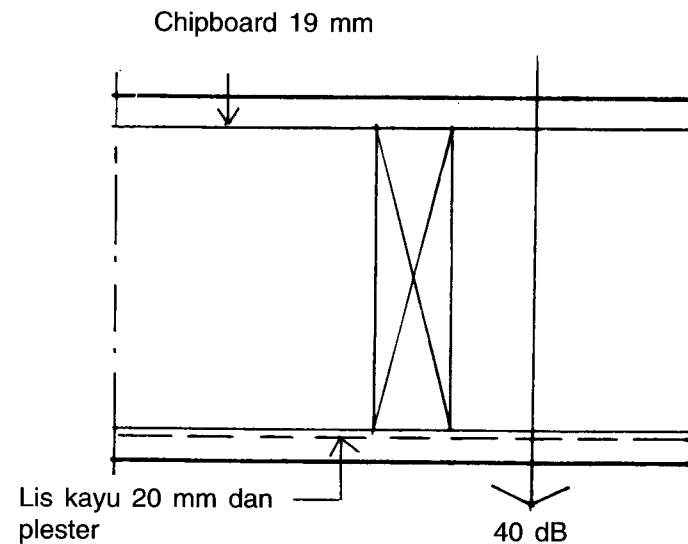
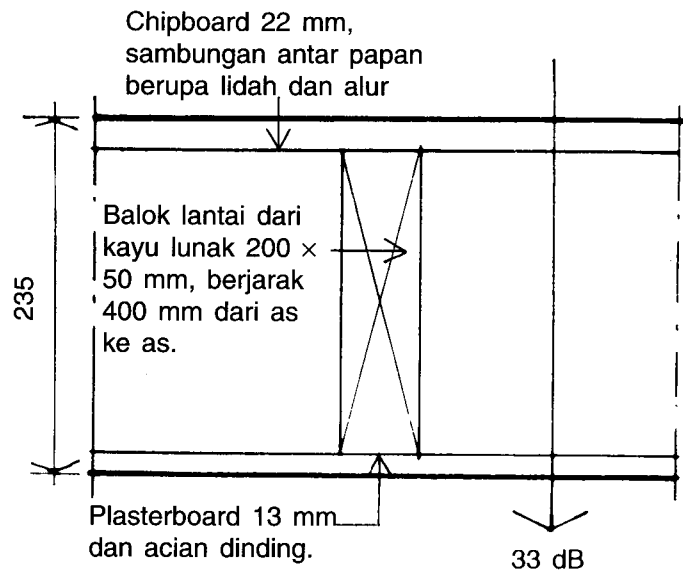
Beberapa kemungkinan potongan detail

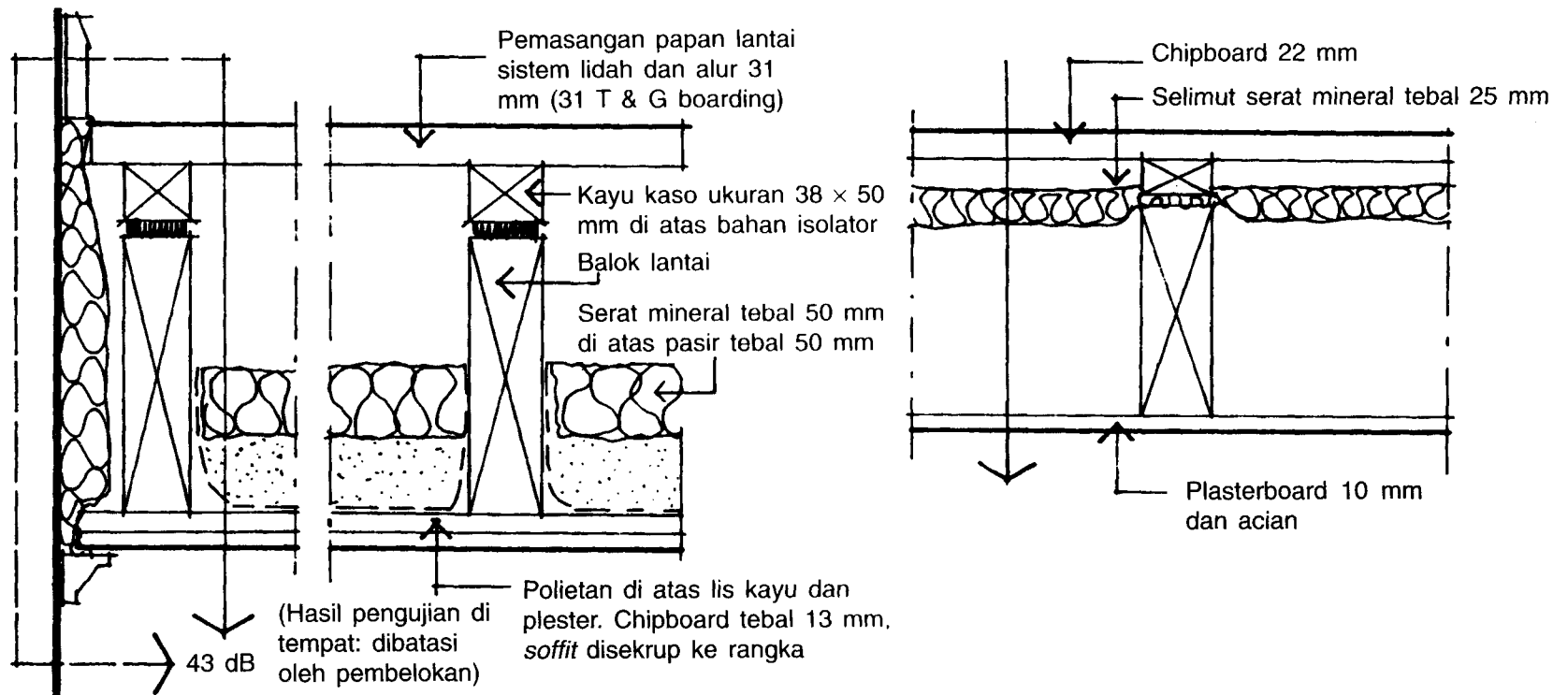
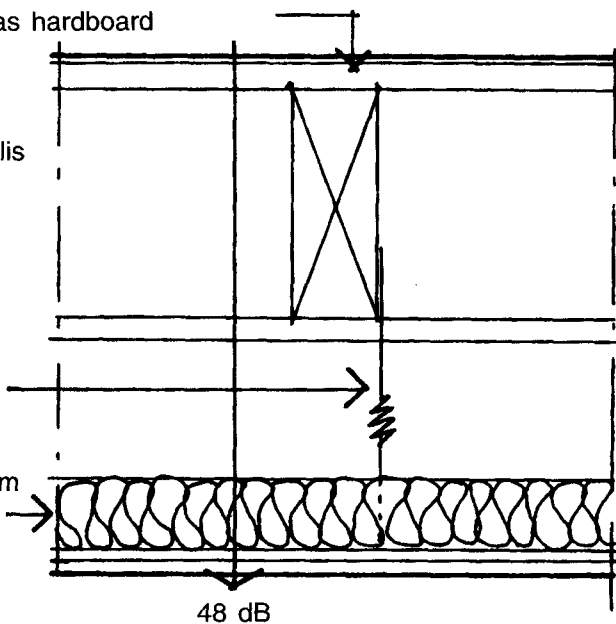
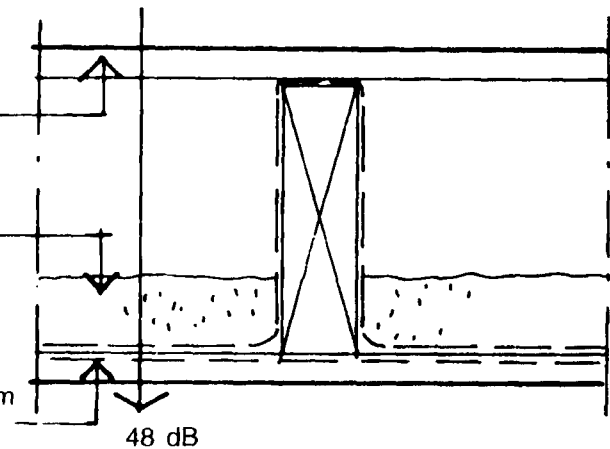
Kunci

-■- Konstruksi lantai seperti gambar potongan detail 4

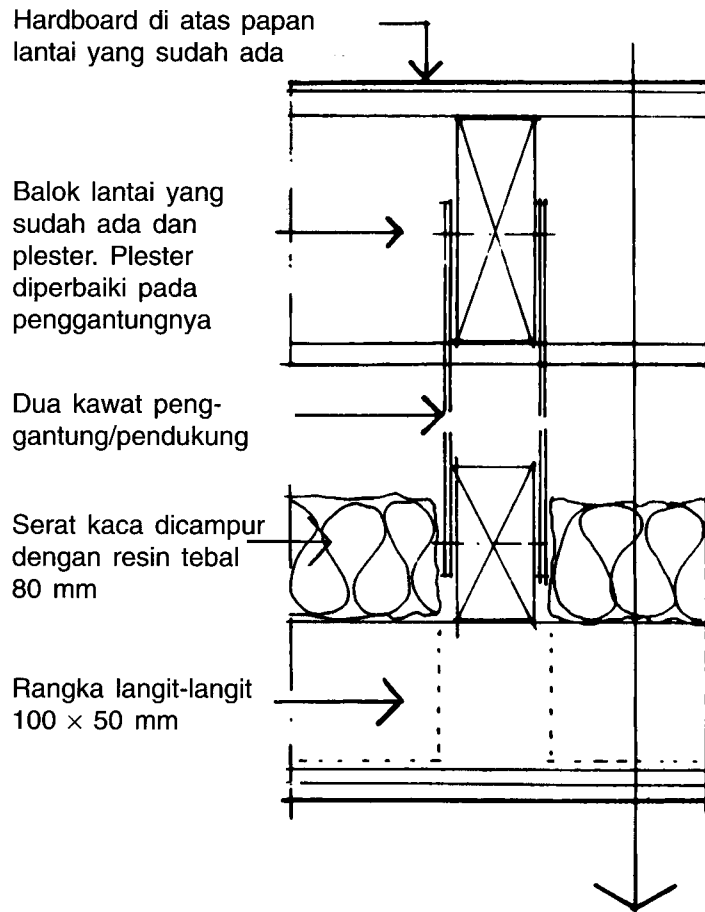
-+- Konstruksi lantai seperti gambar potongan detail 5

-×- Konstruksi lantai seperti gambar potongan detail 6

Sumber: Timber Research and Development Association

Lantai kayu

Angka-angka diperuntukkan bagi indeks Reduksi Bunyi (S.R.I) untuk bunyi yang merambat melalui udara.

Catatan: angka-angka yang tercantum untuk pemikul dinding tebal, diasumsikan 2-5 dB lebih rendah dari dinding tipis di bawahnya

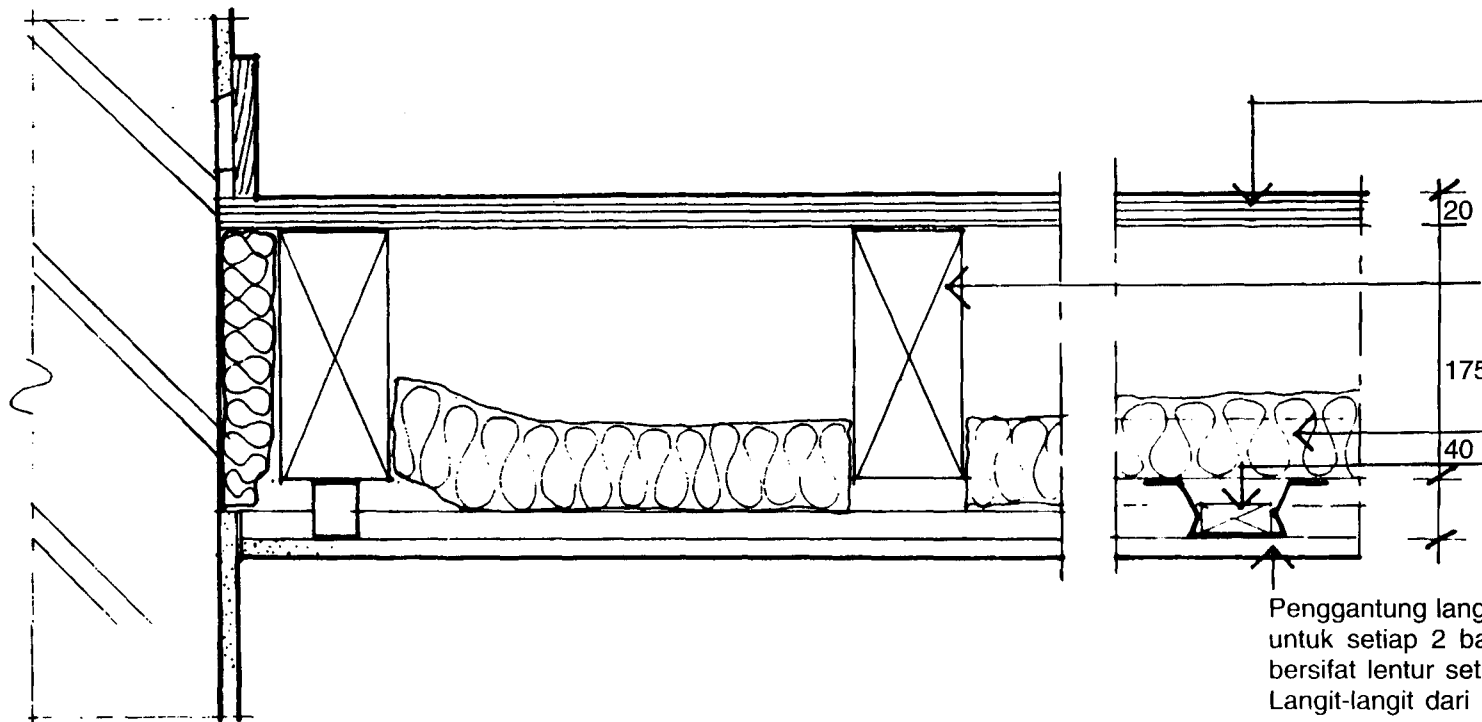
Lantai kayu

Detail standar

Lantai kayu

Detail standar

Sketsa dari penggantung

125	250	500	1000	2000	Hz
34	45	60	66	65	dB

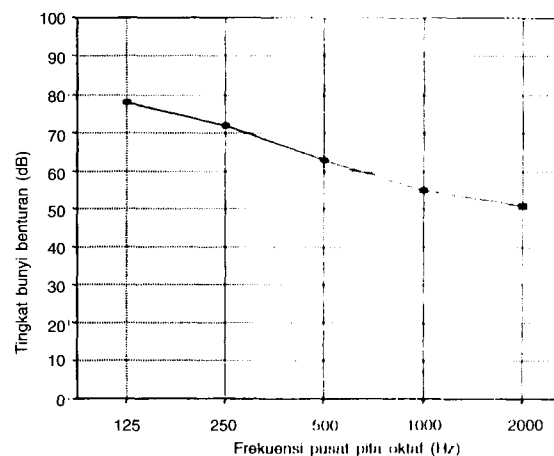
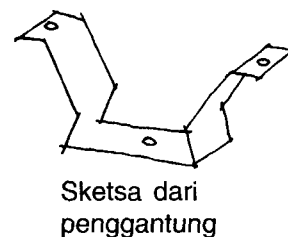
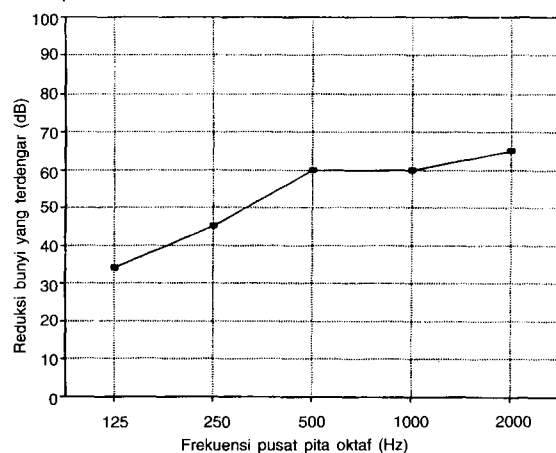
125	250	500	1000	2000	Hz
78	72	63	55	51	dB

Dek lantai: chipboard atau plywood atau papan kayu biasa dengan sambungan sistem lidah dan alur

Nominal

Balok lantai 75 × 175 mm berjarak 400 mm dari as ke as.

Selimut serat mineral tebal 60 mm

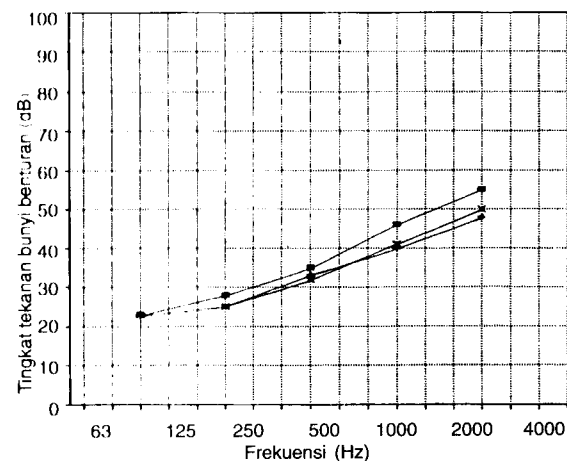
Kaso 50 × 19 mm berjarak 300 mm dari as ke as.

Penggantung langit-langit yang bersifat lentur, satu untuk setiap 2 balok lantai. Pengisi rongga yang bersifat lentur setiap 300 mm pada kaso.
Langit-langit dari papan plester 13 mm dan diaci.

Menunjukkan hasil yang jauh lebih baik dibandingkan dengan konstruksi yang sama tetapi tanpa penggantung (gelombang suara yang merambat melalui udara + 15 dB pada frekuensi menengah). Penggantung berguna untuk meningkatkan konstruksi lantai, di mana balok rangka lantai tidak dapat memikul lebih banyak beban mati tambahan; misalnya hamparan pasir.

Sumber: HV Institute Amsterdam

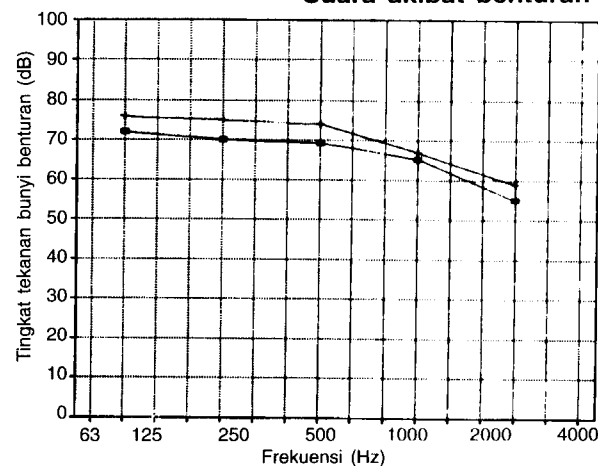
Lantai

125	250	500	1000	2000	Hz	Kunci
82	82	78	66	65	dB	–■–
85	83	80	75	65	dB	–+–
89	90	90	86	80	dB	–×–

125	250	500	1000	2000	Hz	Kunci
23	28	35	46	55	dB	–■–
23	25	32	41	50	dB	–+–
23	25	33	40	48	dB	–×–

Bahkan lantai kayu yang baik tidak dapat dibandingkan dengan kontruksi lantai dan langit-langit yang 'terpisah' hasil dari bunyi yang merambat melalui udara ataupun bunyi benturan. Bahan peredam bunyi yang ada di rongga lantai membantu meredam rambatan bunyi yang melintasinya.

Sumber: HV Institute Amsterdam

125	250	500	1000	2000	Hz	Kunci
35	41	48	55	64	dB	-■-
32	36	42	48	54	dB	-+-

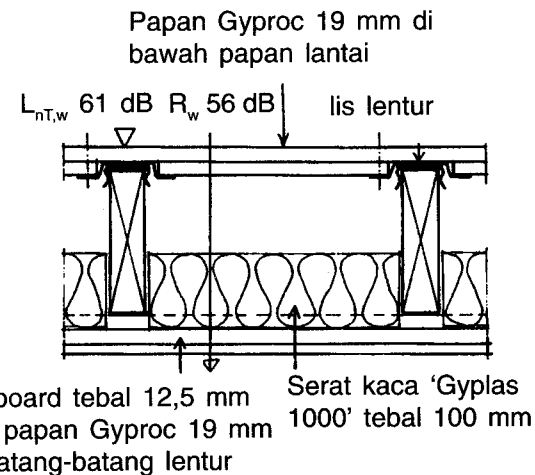
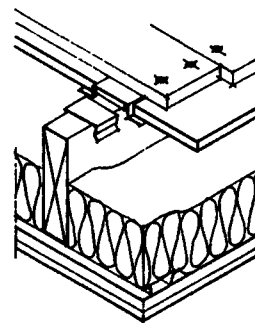
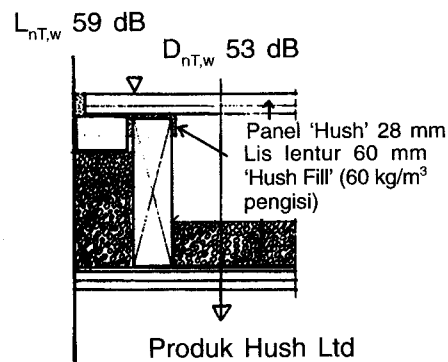
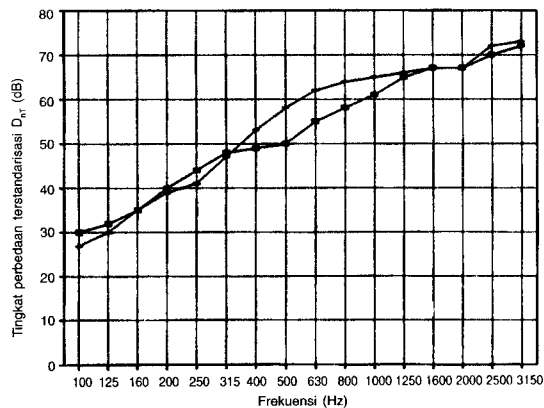
Seperti gambar detail di atas
Hasil-hasil untuk konstruksi yang sama tanpa serat mineral

125	250	500	1000	2000	Hz	Kunci
72	70	69	65	55	dB	■
76	75	74	67	59	dB	-+-

Ujung dinding yang baik diasumsikan menghindarkan pembelokan suara. Struktur langit-langit terpisah dari struktur lantai kecuali di tempat-tempat penopangnya. Berat 48 kg/m².

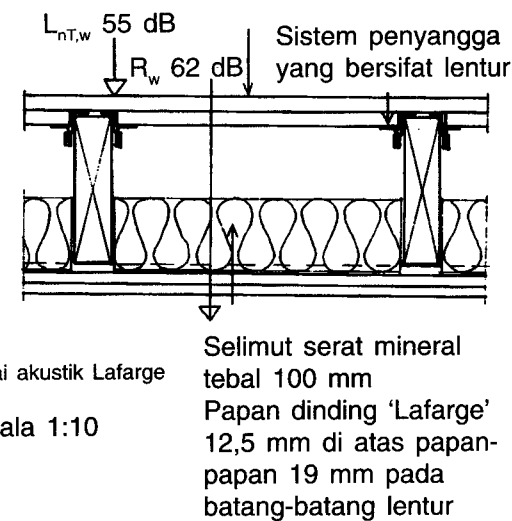
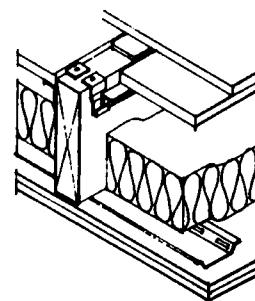
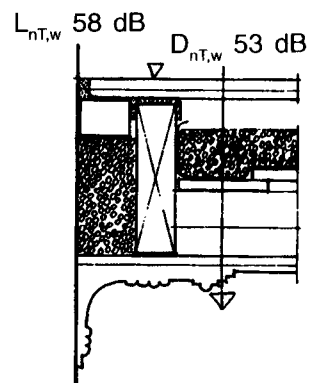
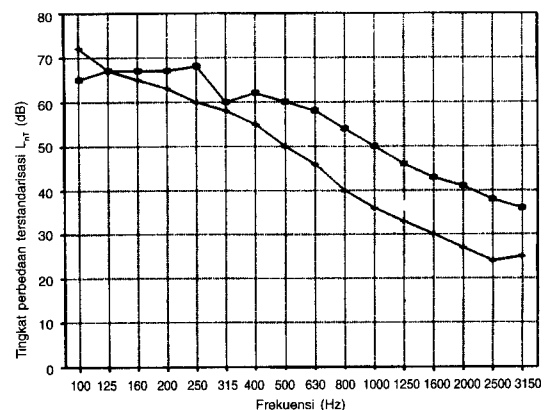
Sumber: HV Institute Amsterdam

Lantai kayu

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
39	32	35	40	44	48	49	50	55	58	61	65	67	68	70	72	dB	-■-
27	30	35	39	41	47	53	58	62	64	65	66	67	67	72	73	dB	·+

Suara yang merambat melalui udara

British Gypsum sistem S.I.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
69	61	67	67	68	60	62	60	58	54	50	46	43	41	36	36	dB	-■-
59	67	66	63	60	58	55	50	46	40	36	33	30	27	24	25	dB	-+-

Suara akibat benturan

Sistim lantai akustik Lafarge

Skala 1:10

Lantai kayu

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	l'_{nTw}	Kunci
20,3	40,2	42,7	45,5	47,4	49,3	50,5	51,3	53,0	55,2	56,5	57,0	57,0	58,7	59,4	61,4	dB	55	–■–
32,9	40,0	41,0	47,8	49,4	55,7	56,2	59,8	62,5	66,3	68,4	69,2	69,1	74,8	77,0	74,4	dB	60	–+–

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	l'_{nTw}	Kunci
58,4	59,7	59,0	57,3	54,7	54,1	54,0	54,8	54,5	51,8	49,3	43,9	40,9,4	38,4	34,6	29,4	dB	55	–■–
57,5	60,0	59,4	57,2	58,7	59,0	60,8	58,8	53,9	48,5	43,3	39,3	35,3	30,4	26,7	26,7	dB	60	–+–

2 Perlunya melakukan pengujian terhadap peraturan yang berlaku di flat-flat di Skotlandia menghasilkan data 'yang sebenarnya' yang jauh lebih bermanfaat dan membantu pengembangan sistem lantai yang teruji sifat-sifatnya.

Sumber: Heriot-Watt University/A Proctor Developments Ltd

Lantai kayu

Lapisan permukaan lantai
Lapisan paling atas,
adukan perata tebal 40 mm
Plester tebal 10 mm
pada unit lantai beton
pra-cetak lubang dan
papan
45 dB
(tergantung
jenisnya)

Lapisan permukaan lantai
Slab beton
tebal minimum 100
mm (250 kg/m²)
Plester tebal 10 mm
49 dB

Lapisan permukaan lantai
Slab beton tebal minimum
100 mm (250 kg/m²)
Celah udara (minimum
150 mm)
Unit langit-langit
bahan mineral yang
digantung
50 dB

Lapisan permukaan lantai
Slab beton
tebal minimum 100
mm (365 kg/m²)
Plester tebal 10 mm
51 dB

Lapisan permukaan lantai di atas pasir/ semen perata tebal 50 mm dengan tulangan penguat dari kawat ayam

Polystyrene dengan busa 12 mm dibuat menerus arah vertikal pada ujung-ujungnya

Slab beton 250 kg/m²

Slab plester 10 mm

51 dB

Lapisan permukaan lantai keras di atas adukan pasir-semen perata, tulangan penguat dari anyaman kawat

Slab beton 365 kg/m² (tebal 150—175 mm)

52 dB

Alur pembelokan bunyi seringkali menentukan batas mutu isolasi lantai untuk tingkat bunyi di atas 48 dB

Permukaan lantai: Papan kayu sistem lidah dan alur tebal 22 mm

Rangka 50 × 38 mm berjarak 450 mm dari as ke as.

Selimut mineral, tebal 25 mm

Slab beton tebal 100 mm, 250 kg/m²

Plester 10 mm

51 dB

Permukaan lantai di atas beton tebal minimal 100 mm

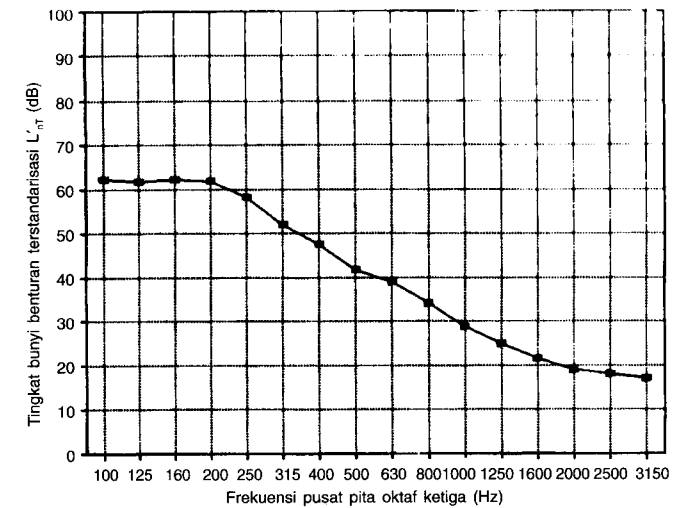
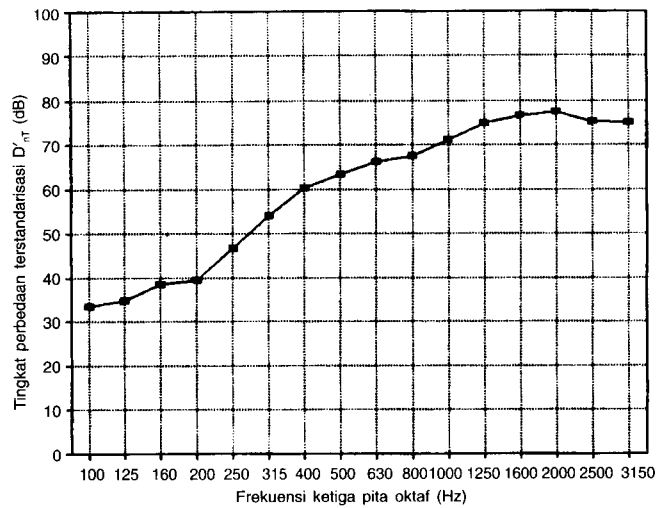
Penutup permanen dari dek metal

Isolator serat kaca (misalnya jenis F, Modelac buatan Sound Attenuators Ltd.)

Slab beton 150 mm

55 dB

Lantai beton

Detail standar

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	$D_{nT,w}$
33,6	34,8	38,5	39,5	46,7	54,0	60,2	63,3	66,2	67,5	71,1	74,8	76,5	77,4	75,1	75,0	dB	58

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	$L_{nT,w}$
62,1	61,7	62,2	61,8	58,1	52,0	47,4	41,7	39,0	34,2	28,7	24,9	21,6	19,0	18,0	17,0	dB	53

$L'_{nT,w}$ 53 dB

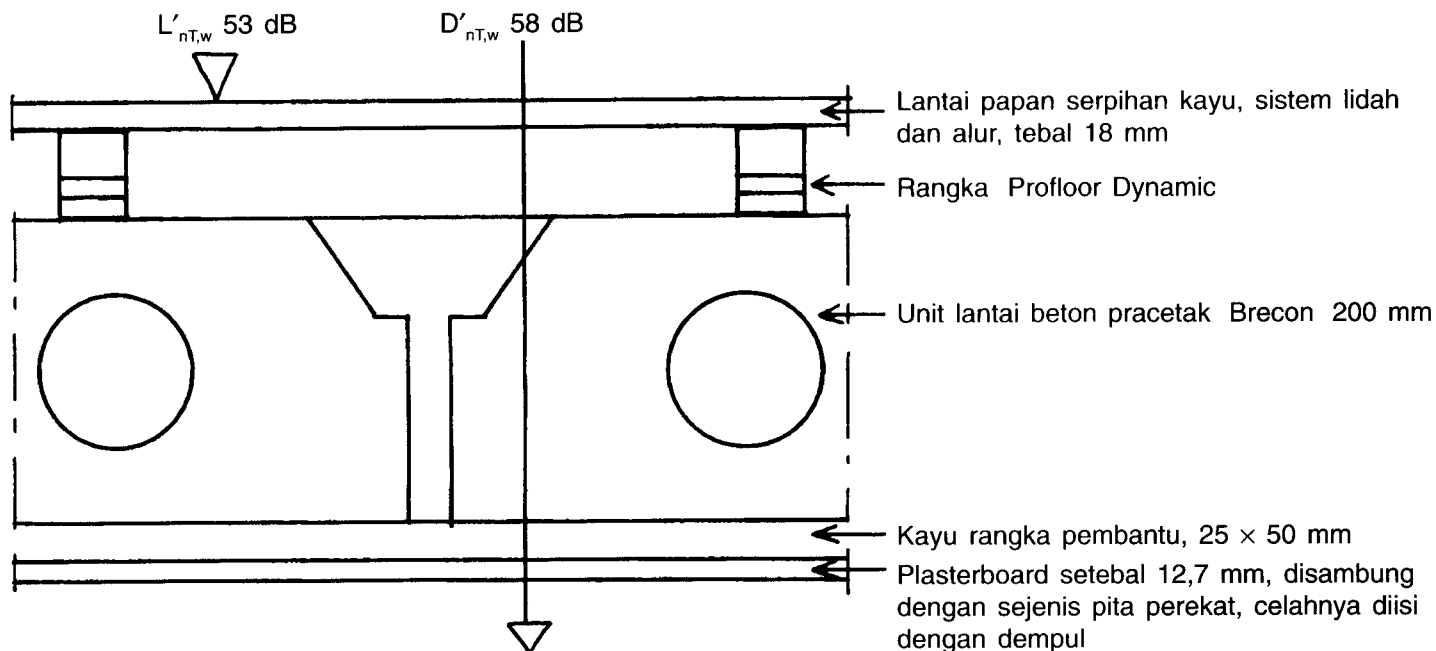
$D'_{nT,w}$ 58 dB

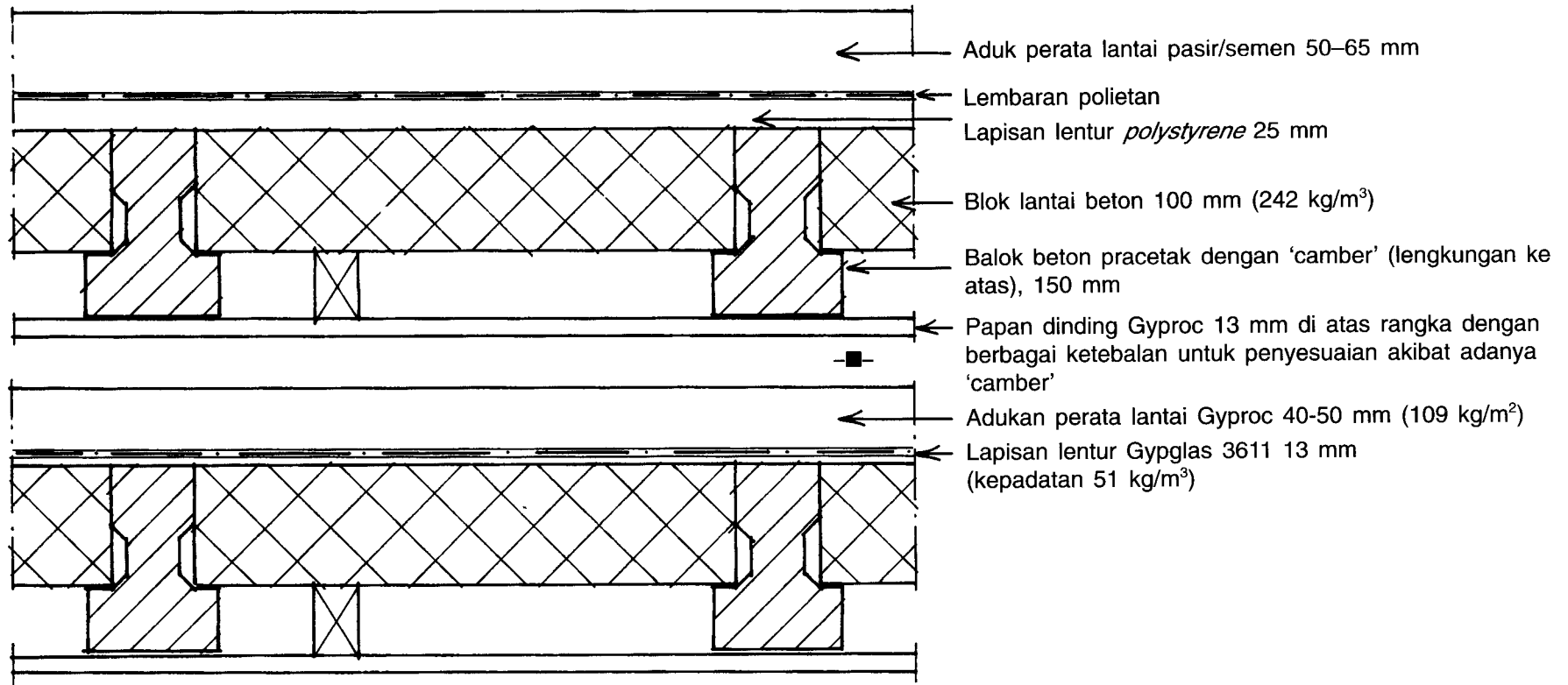
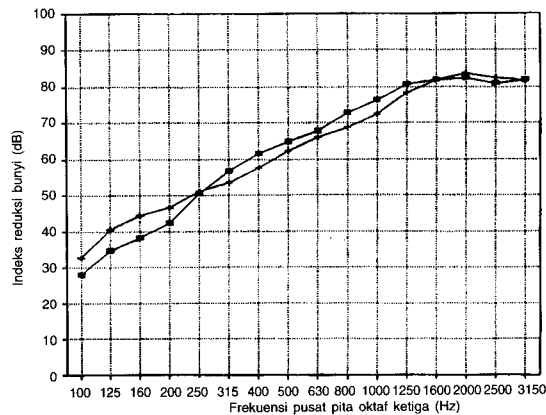
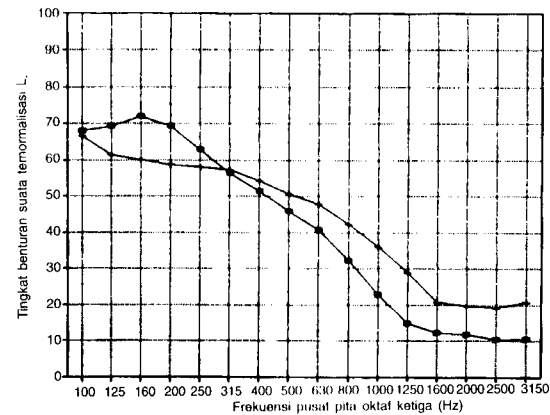
Lantai papan serpihan kayu, sistem lidah dan alur, tebal 18 mm

Rangka Profloor Dynamic

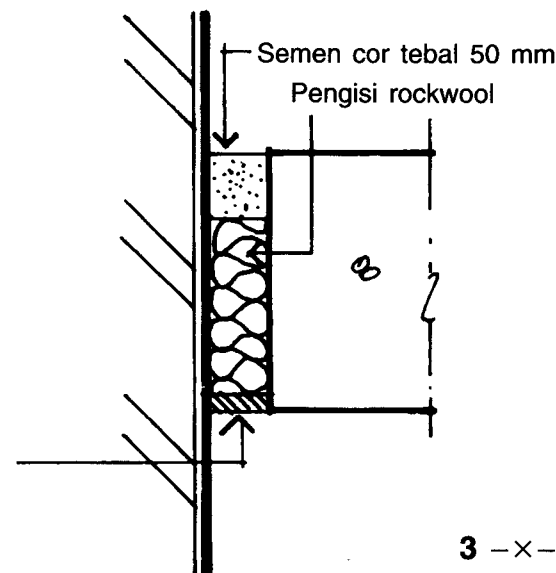
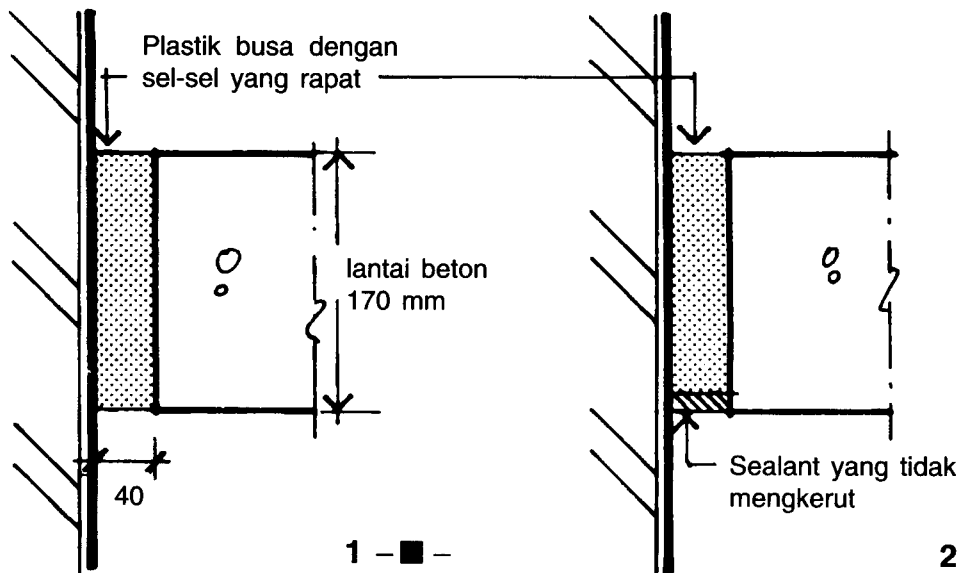
Unit lantai beton pracetak Brecon 200 mm

Kayu rangka pembantu, 25 × 50 mm

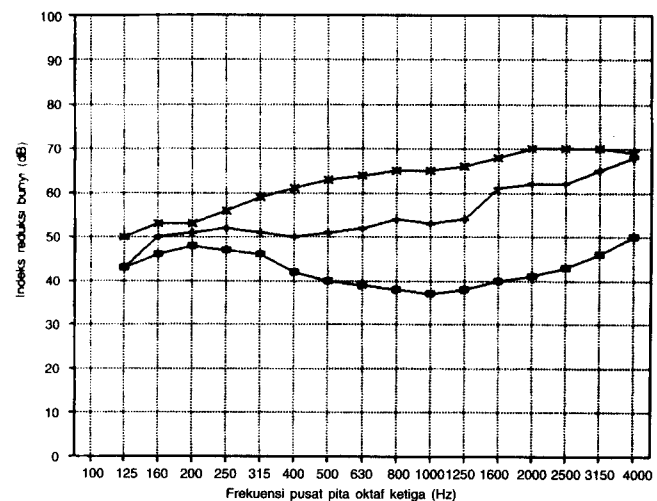
Plasterboard setebal 12,7 mm, disambung dengan sejenis pita perekat, celahnya diisi dengan dempul

Sumber: Heriot-Watt University/A Proctor Developments Ltd

Lantai beton

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci	
28,0	34,7	38,2	24,4	50,5	46,8	61,5	64,9	67,8	72,7	76,3	80,7	81,8	82,4	80,9	81,9	dB	58	-■-	Perata pasir/ semen
32,7	40,5	44,4	46,7	51,5	53,6	57,6	62,3	66,0	68,8	72,4	78,3	81,9	83,6	82,5	81,7	dB	61	-+-	Perata pantai Gyproc

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci	
68,0	69,2	72,0	69,2	62,8	56,4	51,4	45,8	40,7	32,3	22,8	14,8	12,3	11,8	10,3	10,5	dB	58	-■-	Perata pasir/ semen
66,4	61,3	60,1	58,6	58,0	57,4	54,3	50,7	47,7	42,3	36,1	28,9	20,7	19,8	19,1	20,7	dB	61	-+-	Perata lantai Gyproc

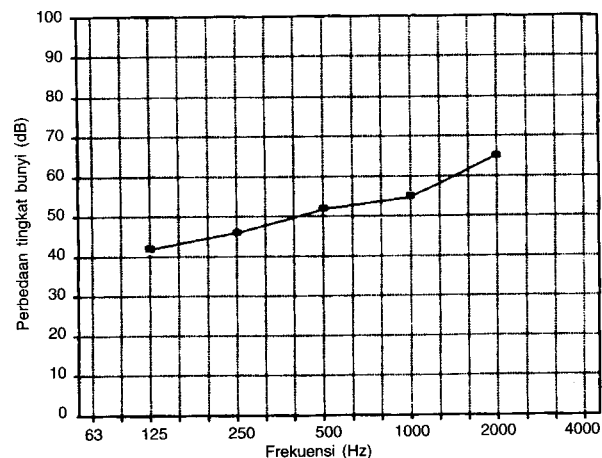
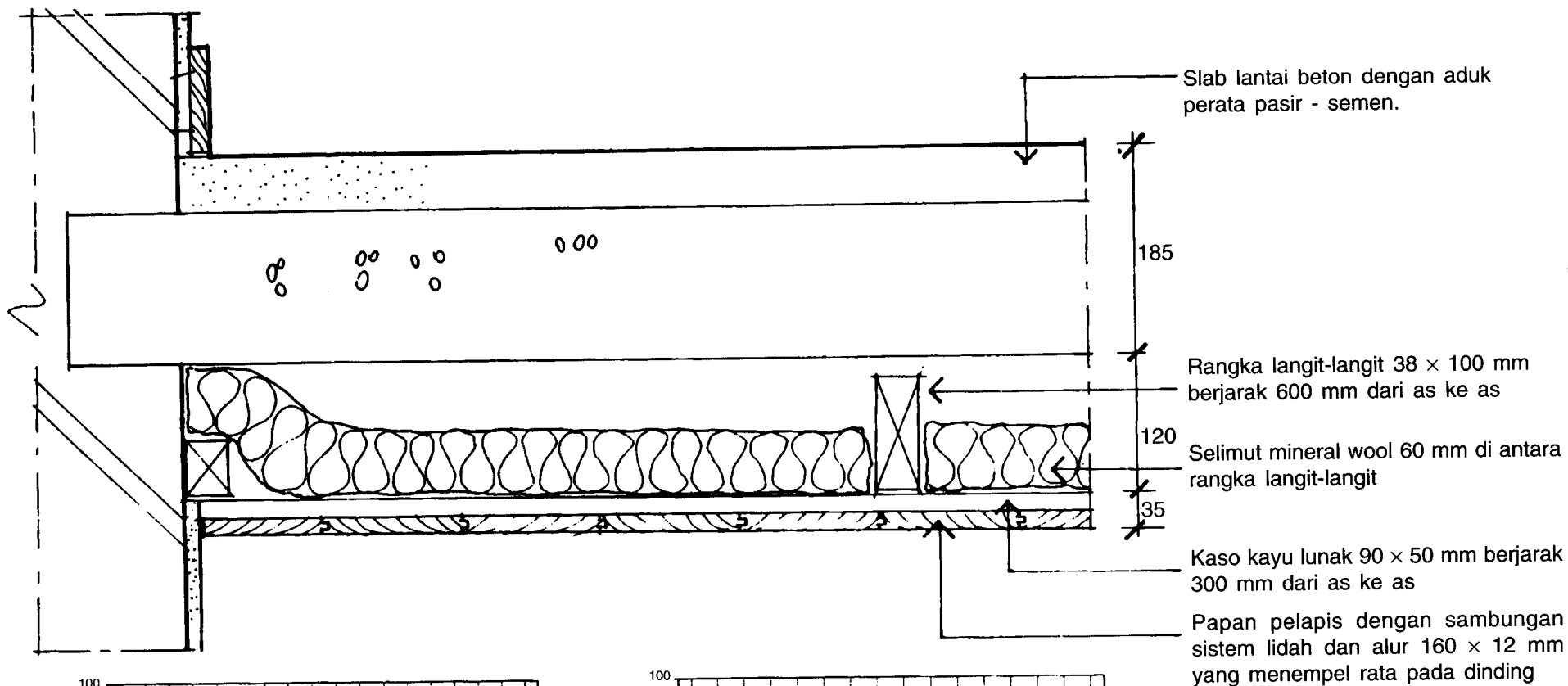
Sumber: British Gypsum Ltd

Lantai beton

Potongan penampang vertikal

Perbedaan tingkat suara di antara 2 ruangan disebabkan oleh celah sepanjang 2 meter di salah satu lantai (tes laboratorium). Menutup celah dengan baik diperlukan pada frekuensi percakapan yang bersifat privat, sedangkan pada frekuensi yang lebih rendah penutupan celah tidak kritis.

Retak kecil lebar 0,2 mm pada dinding seluas 10 m^2 akan menghasilkan penurunan 7 dB pada dinding dengan kadar mutu 50 dB, tetapi hanya menurunkan isolasi 1 dB pada dinding dengan kadar mutu 35 dB: kesempurnaan dinding tanpa retak-retak atau celah-celah pada elemen dinding sangatlah penting artinya.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci	
43	46	48	47	46	42	40	39	38	37	38	40	41	43	46	50	dB	-■-	1
43	50	51	52	51	50	51	52	54	53	54	61	62	62	65	68	dB	-+-	2
50	53	53	56	59	61	63	64	65	65	66	68	70	70	70	69	dB	-×-	3

Sumber: Institut für Technische Physik Stuttgart

Lantai beton

125	250	500	1000	2000	Hz
60	63	63	62	58	dB

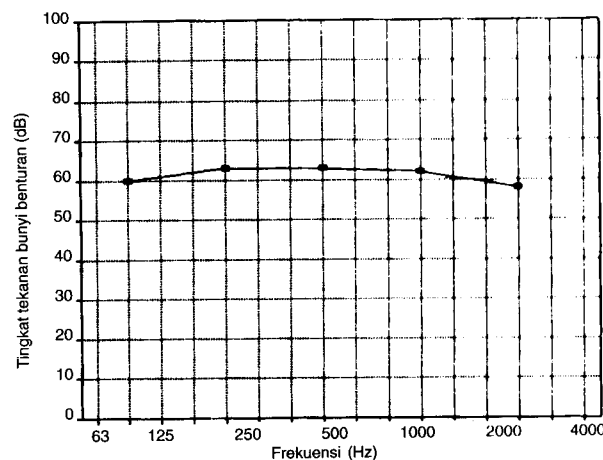
125	250	500	1000	2000	Hz
60	63	63	62	58	dB

Slab lantai beton dengan aduk perata pasir - semen.

Rangka langit-langit 38 × 100 mm berjarak 600 mm dari as ke as

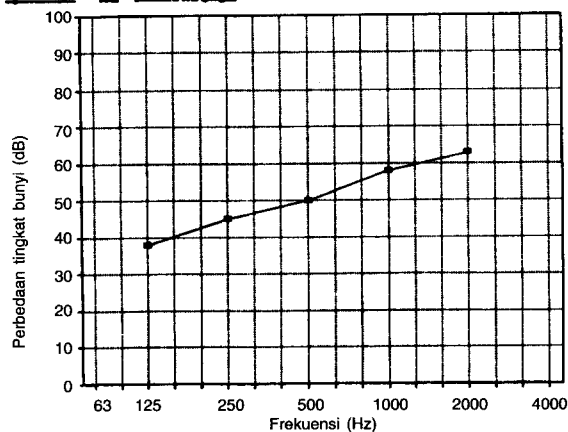
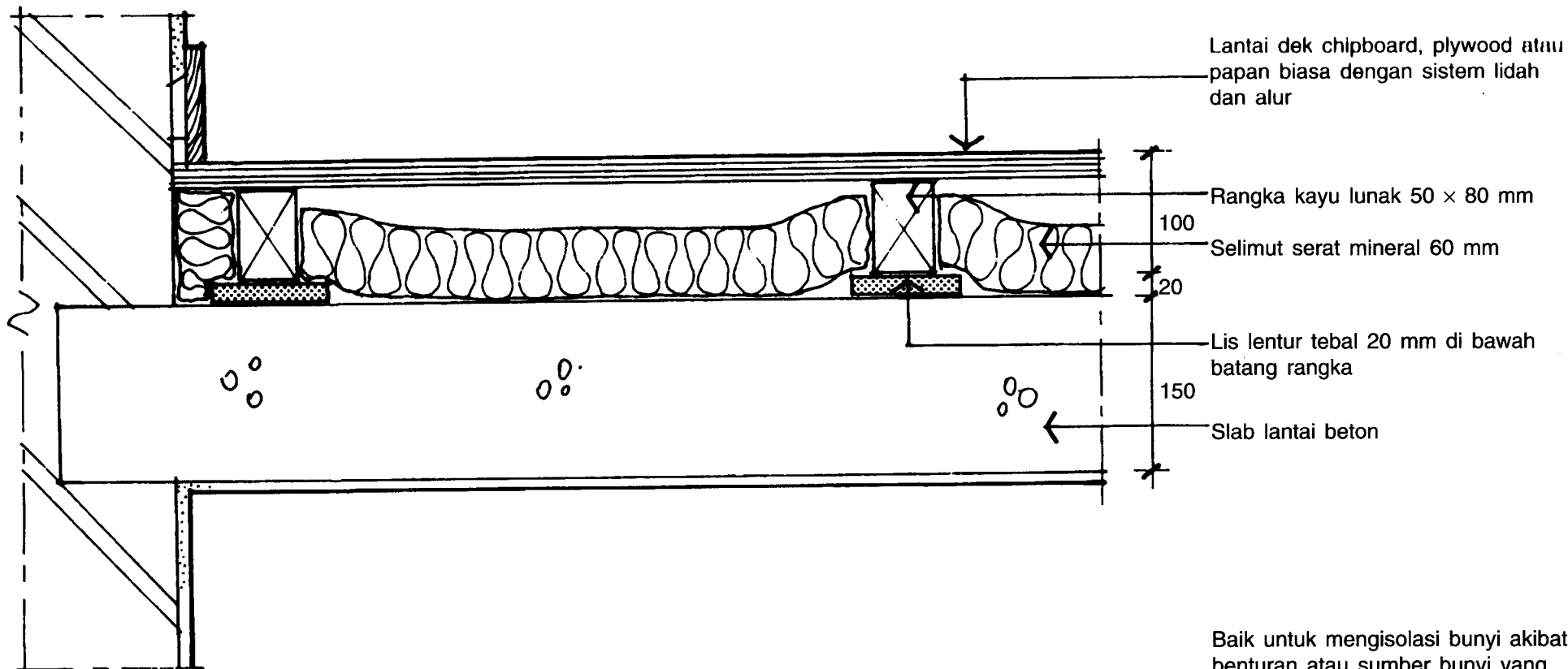
Selimut mineral wool 60 mm di antara rangka langit-langit

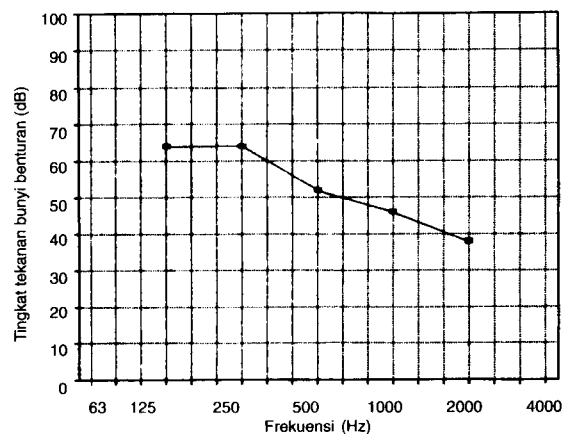
Kaso kayu lunak 90 × 50 mm berjarak 300 mm dari as ke as

Papan pelapis dengan sambungan sistem lidah dan alur 160 × 12 mm yang menempel rata pada dinding

Massa, konstruksi komposit dan diskontinuitas secara keseluruhan memberikan hasil yang baik. Rangka-rangka menimbulkan rongga udara di bawah maupun di atas selimut. Baik untuk isolasi lantai atas dari aktivitas yang berisik di bawahnya (misalnya: ruang bersama di bawah kamar-kamar tidur mahasiswa) Berat 420 kg/m^2

Sumber: HV Institute Amsterdam

Lantai komposit

Baik untuk mengisolasi bunyi akibat benturan atau sumber bunyi yang berada di lantai atas. Karena adanya pembelokan bunyi, tidak ada manfaatnya membuat konstruksi lantai sampai 3 lapis (misalnya lantai terapung/slab struktur/penyangga langit-langit yang terpisah) kecuali menambah juga dinding-dinding isolasi pada semua elemen yang digunakan.

125	250	500	1000	2000	Hz
38	45	50	58	63	dB

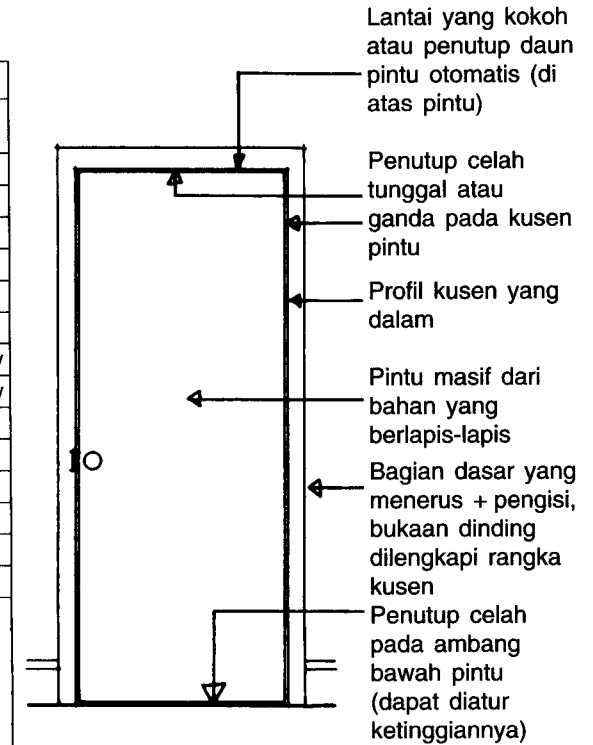
Bunyi yang merambat melalui udara

125	250	500	1000	2000	Hz
64	64	52	46	38	dB

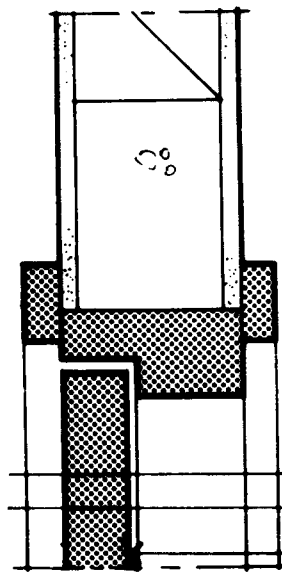
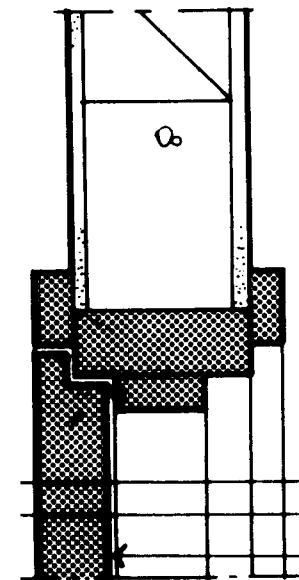
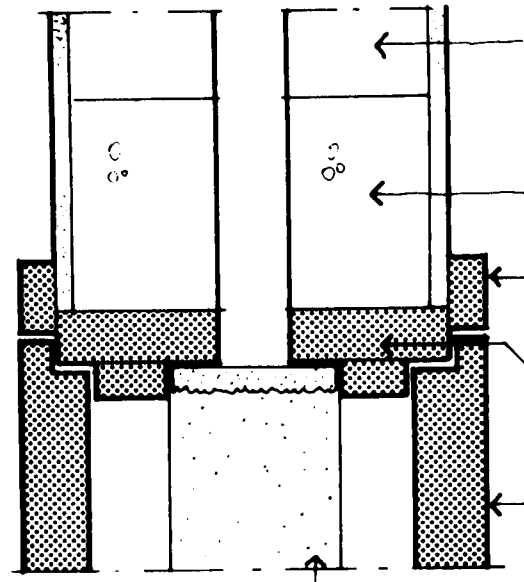
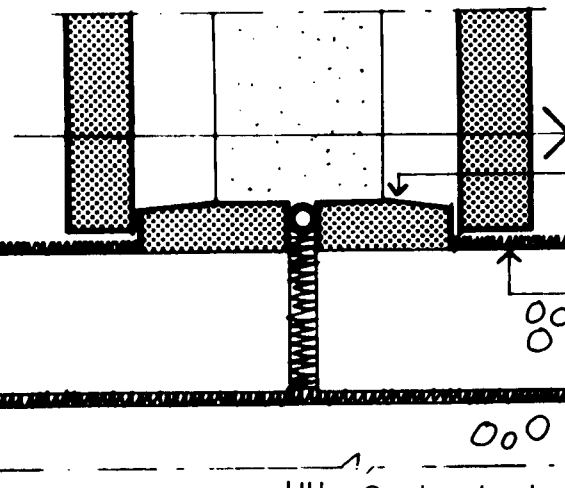
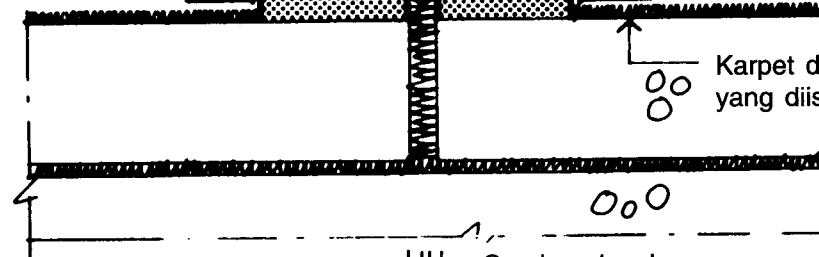
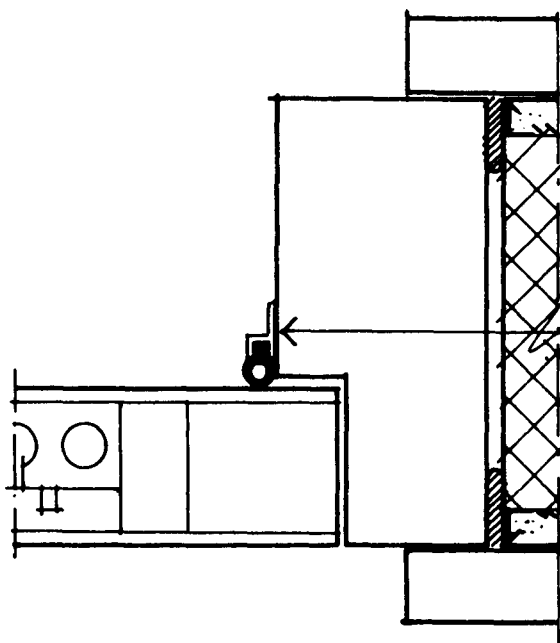
Bunyi akibat benturan

Sumber: HV Institute Amsterdam

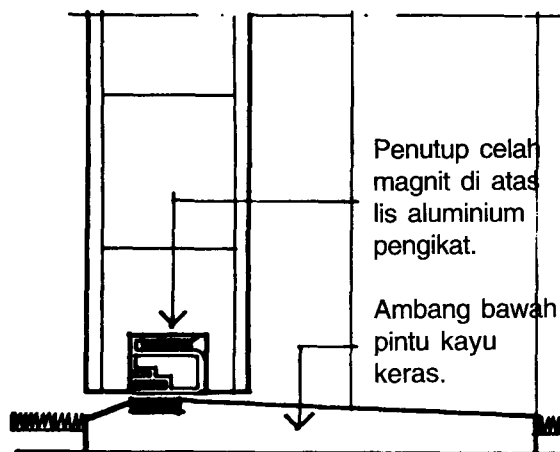
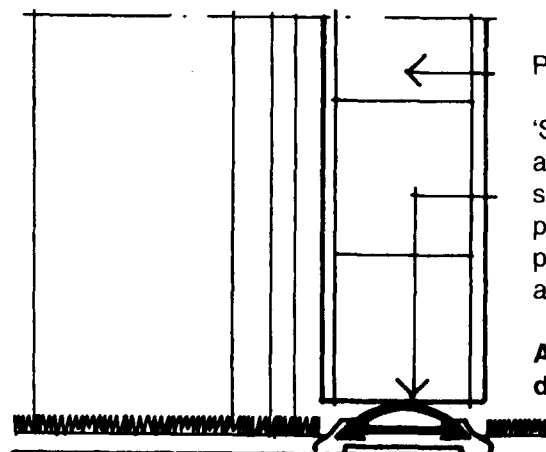
Lantai komposit

Pintu

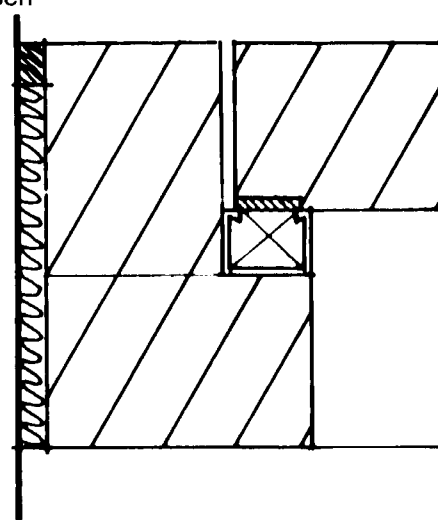
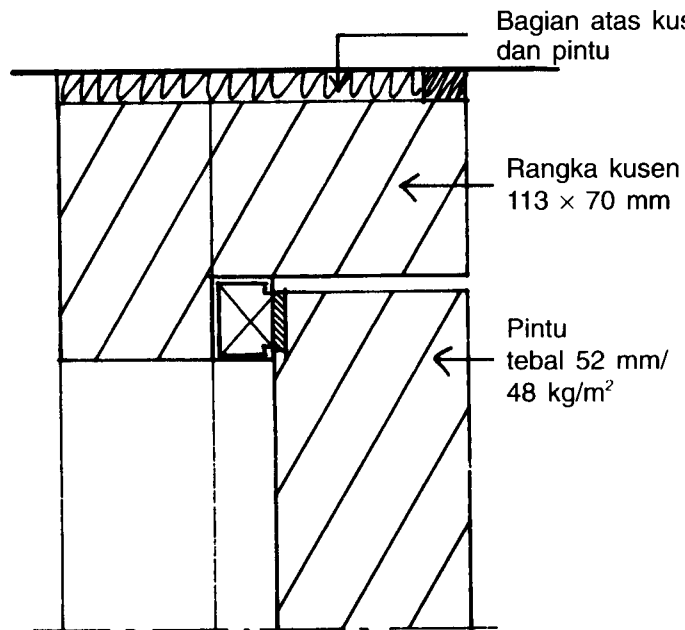
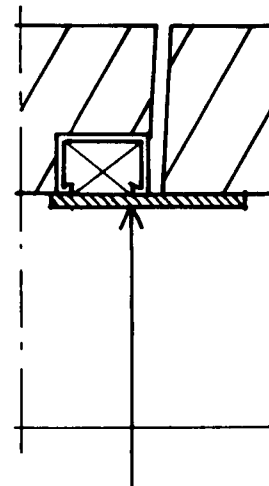
PINTU BERDAUN TUNGGAL											
Pengujian	Massa	Indeks Penurunan Suara	Dimensi	Frekuensi Tengah Batas Oktaf (Hz)							Catatan
R_w dB	kg/m²	(rata-rata)	m	63	125	250	500	1k	2k	4k	
28	18	29	2,1 × 0,9 × 0,044		30	30	31	25	29	32	Papan rami sebagai inti + penutup celah Schlegel 21
32	27	32	2,1 × 0,9 × 0,044		32	33	30	29	34	38	Papan rami sebagai inti + penutup celah Schlegel 21
29	18,5	29	2,1 × 0,9 × 0,044		27	29	27	28	30	35	Bagian inti masif dengan penutup celah Schlegel 21
30	24	29	2,1 × 0,9 × 0,043		25	30	31	35	37	41	Papan serpihan kayu sebagai bagian inti.
36	34	33	2,0 × 0,9 × 0,043		26	29	32	35	39	42	Papan serpihan kayu sebagai bagian inti + penutup celah AAV
39	40	36	2,1 × 0,9 × 0,068		27	29	35	40	45	45	Papan serpihan kayu sebagai bagian inti + penutup celah AAV
31	28		2,1 × 0,9 × 0,054	25	26	30	28	29	33	39	Papan rami sebagai inti + 2 buah penutup celah
36	63		2,1 × 0,9 × 0,064	26	32	36	35	34	37	40	Papan rami + lidah + 2 penutup celah
42	100		2,1 × 0,9 × 0,068	26	35	38	41	41	41	49	Papan rami + lidah + 2 penutup celah
46	43		2,1 × 0,9 × 0,104		32	39	44	45	44		Pintu dari kayu seluruhnya
44		40			25	35	42	46	48		
29	32		0,045 tebal		22	27	32	25	28		Inti dari kayu
30	36		0,054 tebal		21	25	25	30	32		Inti dari kayu
36	38		0,045 tebal		25	28	32	34	39		Kayu + magnesium oksiklorida yang diberi aerasi
25	35		0,050 tebal		20	22	19	31	39	47	
31	45		0,075 tebal		17	29	26	30	34	38	
35	55		0,075 tebal		23	34	32	35	37	36	
37	65		0,075 tebal		17	34	33	37	40	42	
40	80		0,100 tebal		35	38	39	39	41		
47	100		0,100 tebal		36	39	43	47	54		
51	120		0,150 tebal		35	41	47	52	57	59	
56	185		0,150 tebal	34	40	47	50	58	65	68	
PINTU BERDAUN GANDA											
58	185	53	4,1 × 2,7 × 0,150	34	40	47	50	58	65	68	Pintu dobel, tetapi hasil-hasil pengujian pada partisi
											tunggal yang digantung dengan gir (roda gigi) di atas.
											Pintu-pintu lain R_w 25–26.
42	48	41		23	32	50	41	39	44	48	Hasil pengujian lapangan D_{nTw}.
											Pintu dobel tetapi diperkirakan hanya pintu berdaun
											tunggal yang diuji.
		53	2,4 × 2,8 × 0,050	45	45	50	56	58	57	62	Pintu dobel lengkap di lobby, terpisah dengan
											jarak 1,2 m, dinding tembok (rata-rata 3
											contoh BBC).

Hal-hal yang dikehendaki pada pintu akustik

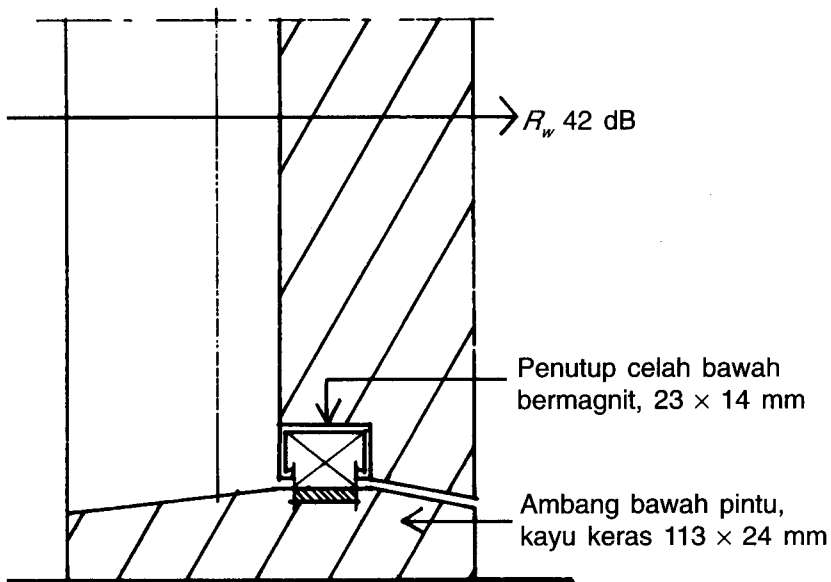
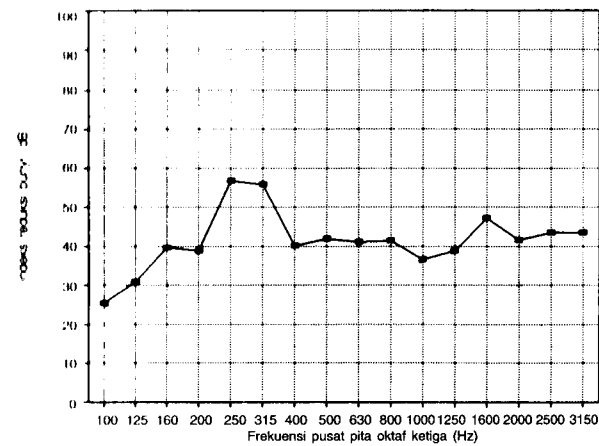
Tabel berikut ini merupakan kumpulan data dari 10 produsen pintu akustik. Kebanyakan dari para produsen tersebut agak berlebihan dalam memasarkan kemampuan isolasi bunyinya, misalnya untuk pintu 47 dB dengan R_w 39 dB. Set kunci dan engsel yang umum + dinding keliling dengan bukaan standar, diuji, ternyata menghasilkan angka-angka yang terlalu optimis. Angka-angka batas oktaf yang tercantum di sini telah dikoreksi seperlunya. Ada variasi yang mencolok pada hasilnya jika dibandingkan dengan massa permukaan, yang merupakan akibat dari kedalaman profil kusen, sistem sudut dan cara menutup celahnya.

dB
Bagian inti berupa rongga udara 15 mm
Bagian inti masif 18 mm
Pintu tebal 44 mm
Pemasangan pada umumnya, tanpa penutup celah
Pintu tunggal
dB
Bagian inti berupa rongga udara 20 mm
Bagian inti masif 22 mm
Pintu berprofil, tebal 50 mm, dipasang tepat sesuai ukuran bukaan
Dinding pasangan bata yang terpisah, tanpa pengikat.
Ambang atas pintu yang terpisah.
Lis penutup celah antara kusen dan dinding, kecuali pada bagian engsel.
Kusen 120 × 38 mm yang terpisah.
Daun pintu masif tebal 50 mm, berprofil untuk menutup celah pada bagian sisinya.
Lapisan peredam, misalnya selimut serat kaca yang dilapis tekstil sebagai kulit luarnya.
Sampai:
45 dB
Ambang bawah yang terpisah, ukuran 100 × 38 mm
Karpet di atas slab yang diisolasi
Gambar denah pintu berpasangan
Perlu ada pelepas tekanan udara negatif (yang tersembunyi)
Pintu berpasangan
Pintu kayu
Detail standar

Potongan arah horisontal

Skala 1 : 2

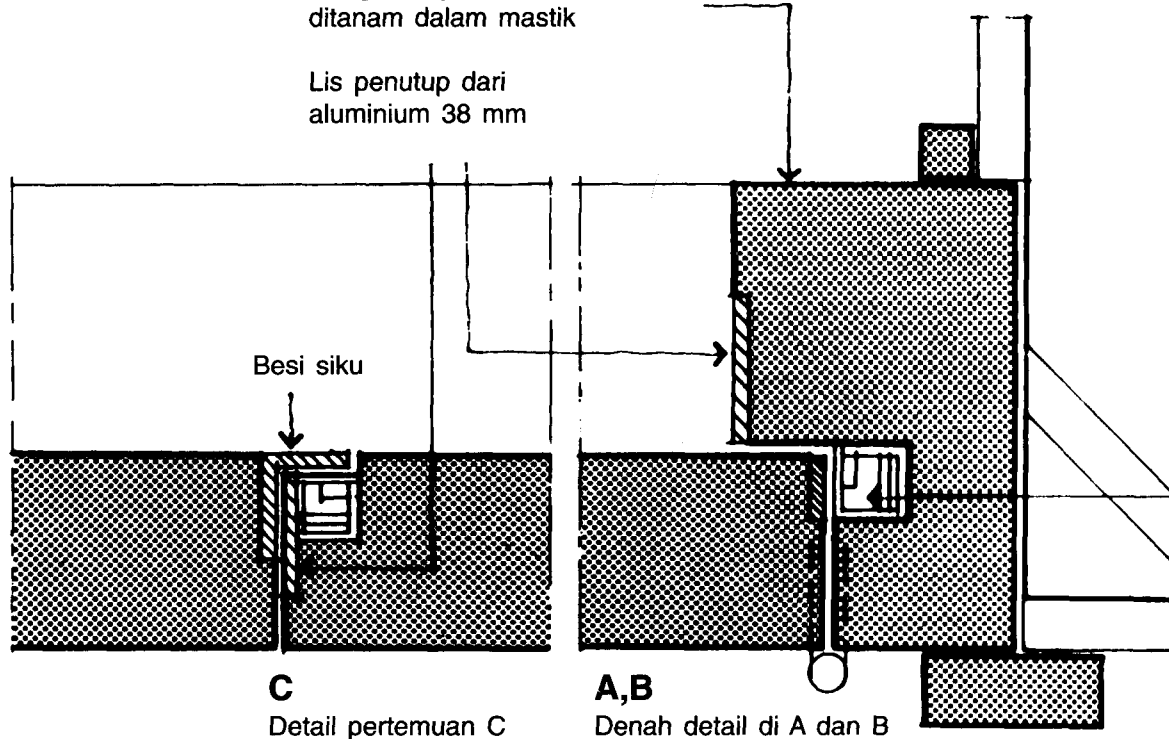
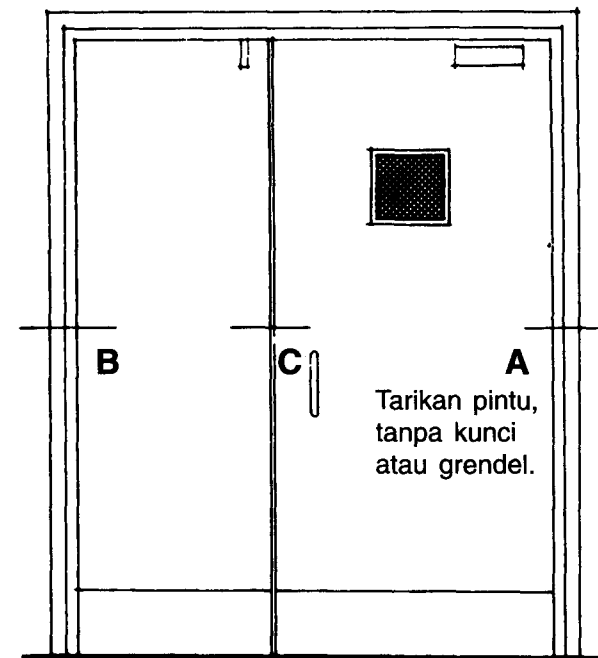
Kelas dB	33	40	42
Ketebalan (mm)	40	45	50
Massa permukaan (kg/m²)	23	26	32
Rangka daun pintu:			
Batang atas	40	40	60
Batang bawah	2×40	2×40	60
Batang arah memanjang (vertikal)	40+18	40+18	60+40
Permukaan:			
Papan keras berlapis veneer di kedua permukaannya	2,1	3,2	3,2

Ambang bawah: detail-detail alternatif

Sumber:
Sound Acoustics Ltd

Pintu kayu

Angka-angka merupakan hasil pengukuran di lapangan untuk pintu-pintu tunggal, pintu ganda biasanya lebih kecil beberapa dB dari pintu tunggal.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w
25,34	30,84	39,68	38,88	56,73	55,71	40,05	41,88	41,02	41,29	36,49	38,74	47,13	41,54	43,46	43,41	dB	42

Sumber: MKM Acoustic Engineers

Pintu kayu

Penutup celah dari neopren yang dimampatkan dipasang pada profil aluminium
Ambang bawah pintu dari kayu keras dengan dasar mastik yang dipasang kuat dengan sekrup ke struktur bangunan
Potongan pada ambang bawah pintu
Skala 1 : 2
A
B
C
Rata-rata 36 dB SRI (angka rata-rata diukur dari 22 pintu di partisi-partisi studio)
Alat penutup pintu otomatis di bagian atas pintu
Jendela observasi, 200 × 200 mm, kaca tebal 12,5 mm
Gagang penarik pintu
Tanpa kunci atau grendel
Gambar tampak
Denah
Lis aluminium tipis, lebar 38 mm
Rangka kayu keras 125 × 75 mm ditanam dalam mastik
Lis tepi 18 × 3 mm
Penutup celah bermagnit dari PVC 19 × 15 mm, ditanam pada profil 22 × 16 mm dipasang dengan aluminium 10 × 2 mm disekrup mendatar ke rangka untuk setiap jarak 100 mm dari masing-masing pusatnya (sekrup-sekrup anti karat)
Daun pintu masif 2000 × 914 mm, tebal 50 mm
Sumber: BBC Engineering
Pintu kayu

Akustik pintu ganda untuk studio

Sumber: BBC Engineering

Molding bagian tengah diikat menembus panel ke molding-molding di permukaan sebelah satunya

Pintu facsimile menggantikan pintu asli yang terbakar. Ruang konser tidak mempunyai lobby suara sebelum melewati pintu masuk, maka penutup celah yang baik dan konstruksi yang rapi adalah penting. Sifat pegas pada lantai ditingkatkan mutunya agar penutup celah berfungsi baik.

Penutup celah ganda pada ambang bawah untuk pintu yang lebih kecil dari 60 mm (jenis GA dari Sealmaster Ltd)

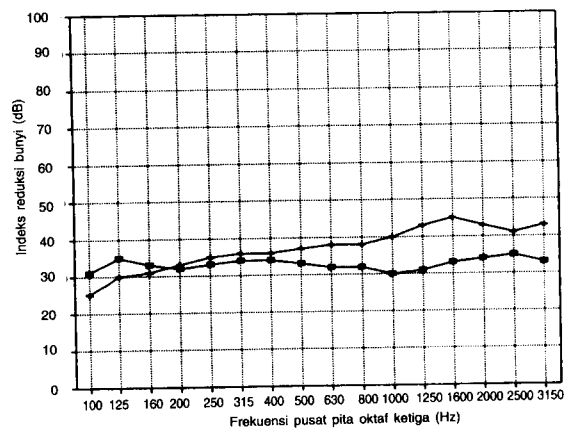
Sumber: Metropolitan Borough of Bolton Architects/BDP Acoustics

Pintu kayu

Pintu dengan inti masif, tebal 40 mm pada ujung dan penutup celah ambang bawah

Indeks Reduksi Bunyi 33 dB, ukuran 1000 × 2000 mm, jenis TH 4

Indeks reduksi bunyi (dB)

Frekuensi pusat pita oktaf ketiga (Hz)

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci	
31	35	33	32	33	34	34	33	32	32	30	31	33	34	35	33	dB	-■-	1
25	30	31	33	35	36	36	37	38	38	40	43	45	43	41	43	dB	-+-	2

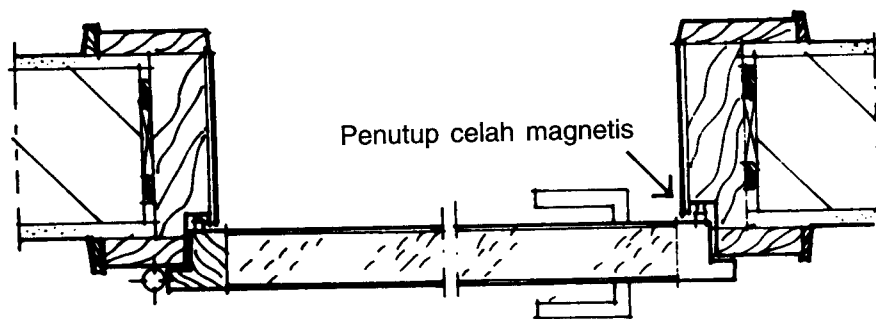
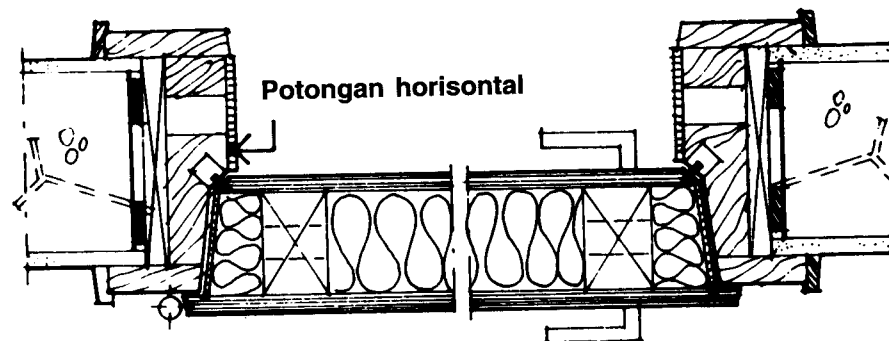
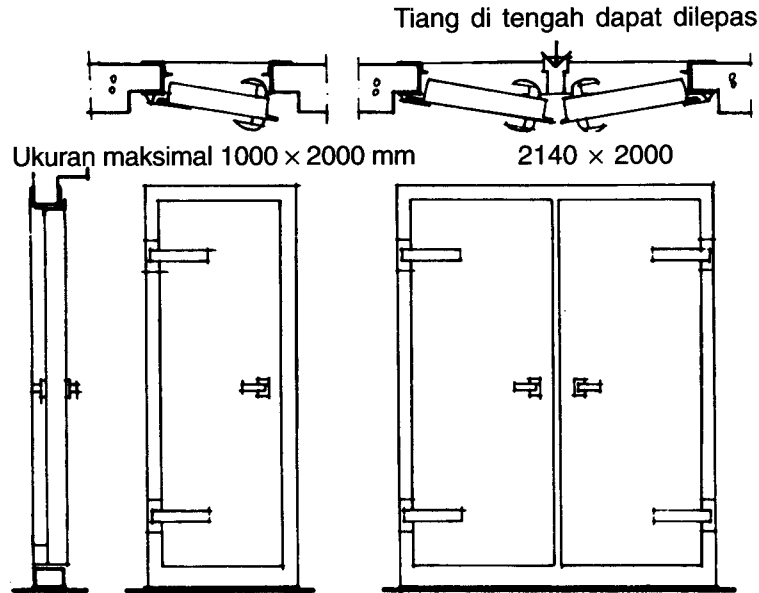
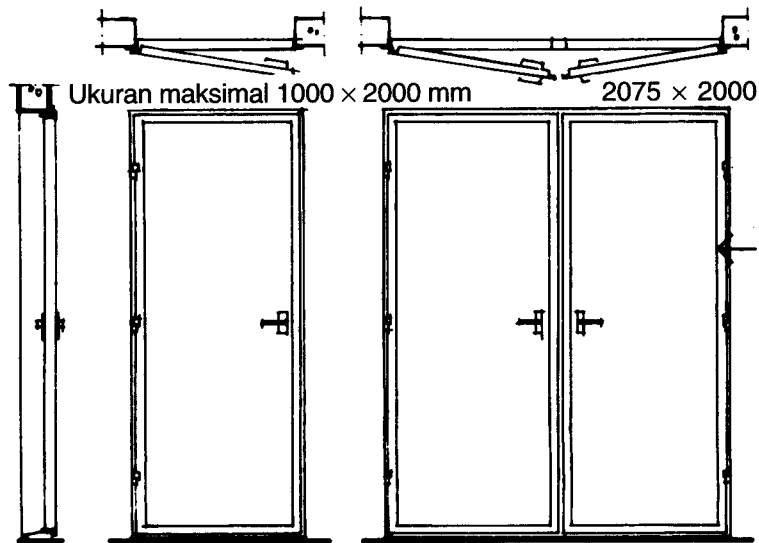
Sumber: Jordan, Denmark

Daun pintu tebal 100 mm: rangka dari kayu. Plywood sebagai pelapis permukaan, bagian tengahnya dari mineral wool.

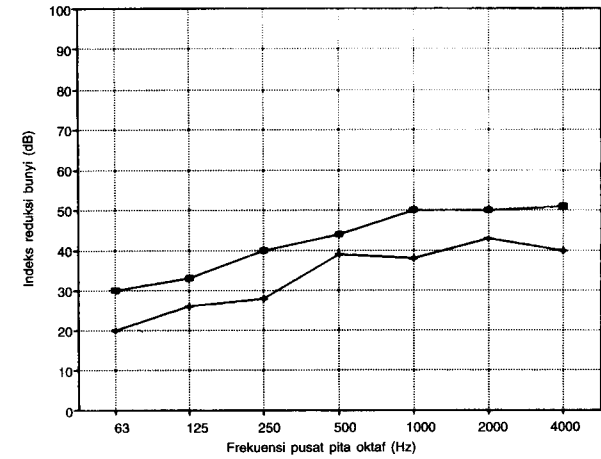
Indeks Reduksi Bunyi 38 dB, ukuran 1000 × 2000 mm, jenis TH 10

5 mm

2

1 **Potongan arah vertikal**

Lapisan penutup berperforasi

Pintu kayu

1. Pintu akustik baja SRI = 44 dB

Penutup celah dengan baut Espagnolette.

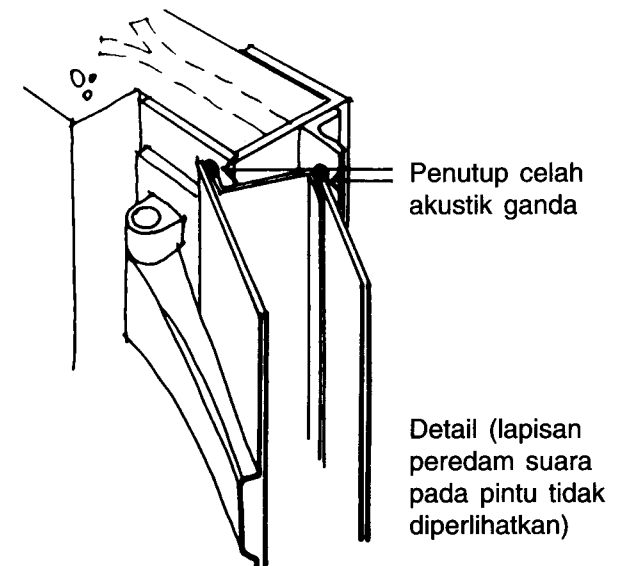
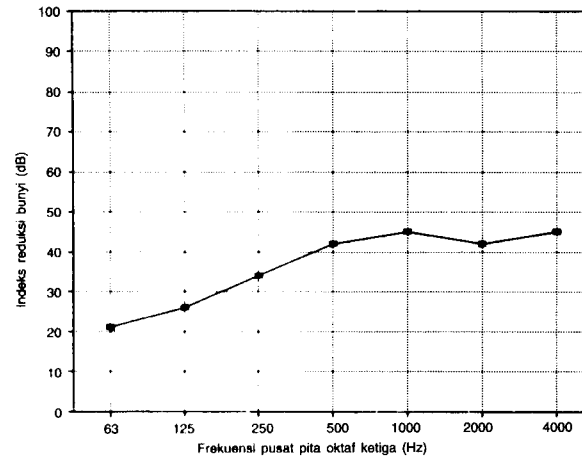
Rangka besi siku 50 × 50 × 5 mm

2. Pintu akustik baja SRI = 37 dB

63	125	250	500	1000	2000	4000	Hz	Kunci	
30	33	40	44	50	50	51	dB	-■-	Pintu akustik baja SRI=44 dB
20	26	28	39	38	43	40	dB	-+-	Pintu akustik baja SRI=37 dB

Detail (lapisan peredam suara pada pintu tidak diperlihatkan)

Sumber:
Sound Attenuators Ltd

Pintu metal

63	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
21	26	34	42	45	42	45	dB

Standar tingkat:

1. SRI [100–3150 Hz] = 40 dB
2. ASII = 44 dB
3. SRI [100–10.000 Hz] = 40 dB
4. STC = 44 dB

Lihat definisi di RHS
Angka-angka di buku ini pada umumnya untuk SRI (100–3150 Hz)

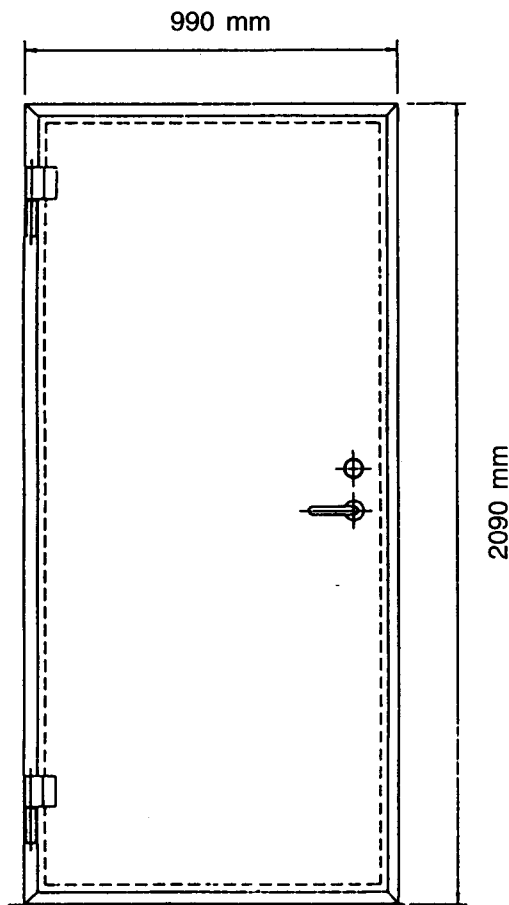
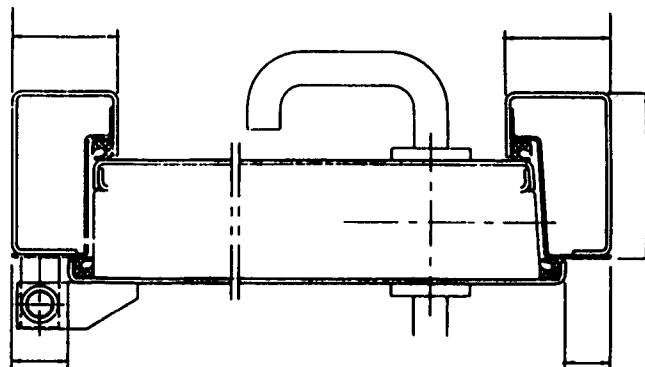
Detail
penutup permukaan daun pintu tidak diperlihatkan

Pintu tahan api dari baja akustik/kedap udara, 40 dB dan tingkat ketahanan api 60/45

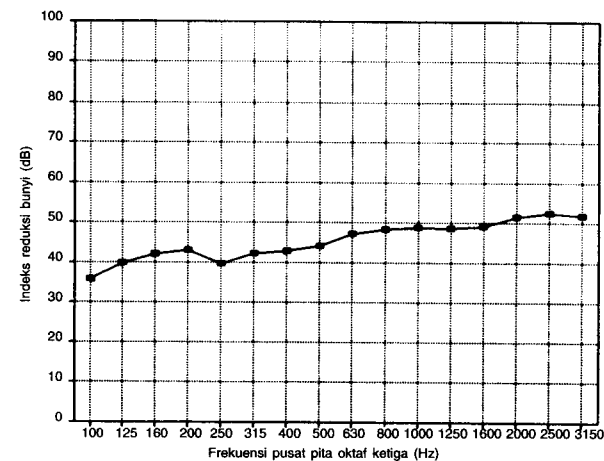
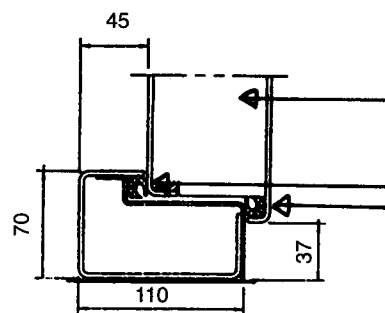
Empat tingkatan yang umumnya digunakan:

1. Indeks Reduksi Bunyi (100–3150 Hz). Indeks reduksi bunyi rata-rata pada $16^1/_3$ batas oktaf dari 100–3150 Hz
2. Indeks Isolasi bunyi yang merambat melalui udara (ASII), indeks-indeks reduksi bunyi yang diukur pada $16^1/_3$ batas oktaf dari 100–3150 Hz dibandingkan dengan angka-angka referensi untuk isolasi bunyi yang merambat melalui udara, seperti tercantum dalam BS 5821:1980
3. SRI (100–10.000 Hz) seperti pada butir I kecuali rata-rata di atas $21^1/_3$ batas oktaf 100–10.000 Hz.
4. Kelas Transmisi bunyi (STC). Indeks reduksi bunyi pada $16^1/_3$ batas oktaf dibandingkan dengan kontur referensi sesuai ASTM 3413–70 T

Sumber: Sound Attenuators Ltd

Pintu metal

Gambar tampak
skala 1 : 20

Potongan horisontal, skala 1:5

Indeks reduksi bunyi (dB)

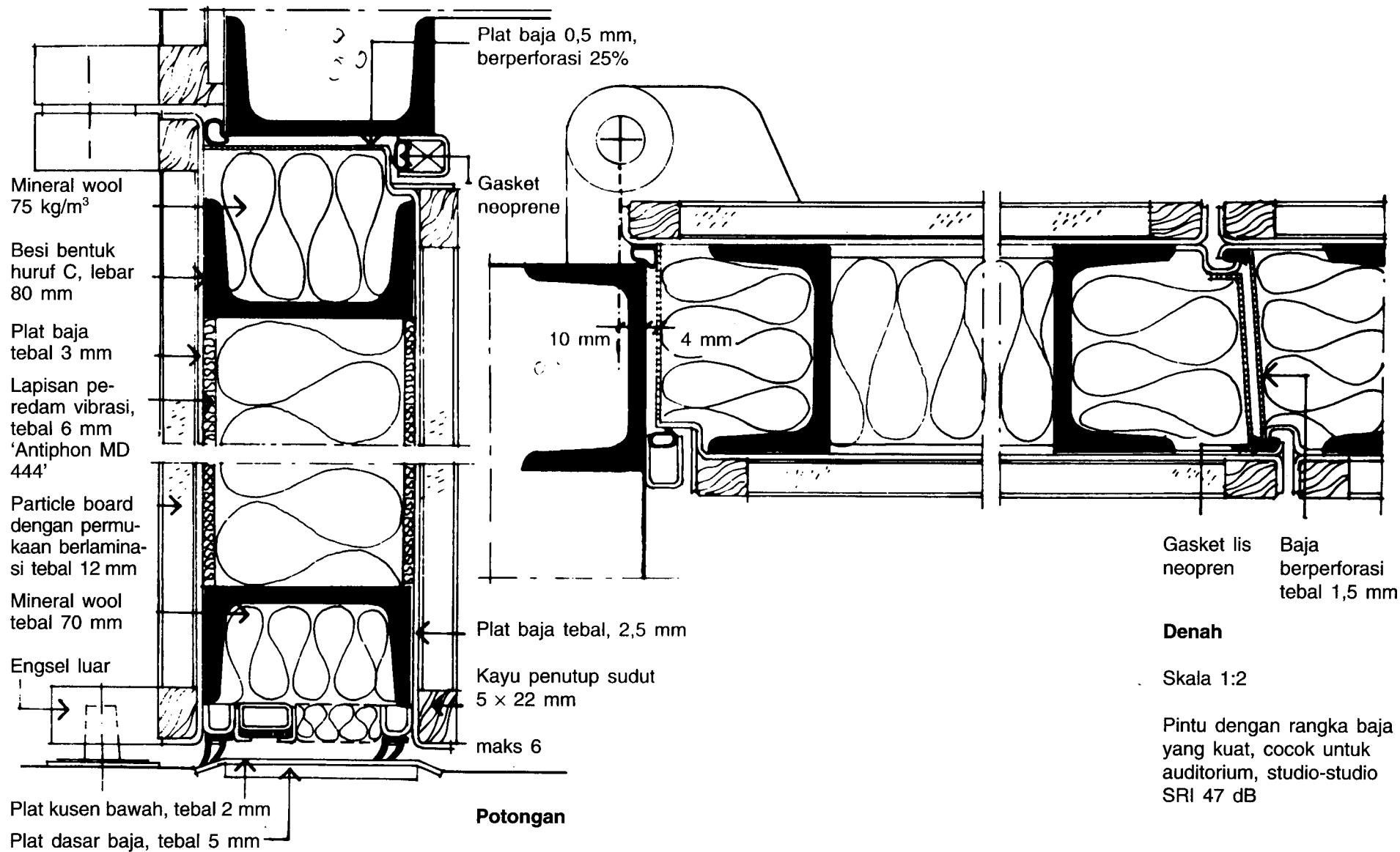
Frekuensi pusat pita oktaf ketiga (Hz)

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w
35,8	39,8	42	42,9	39,6	42,1	42,8	44,1	47,2	48,3	48,8	48,6	49	51,4	52,4	51,7	dB	48

Detail ambang bawah
skala 1 : 5

Sumber: Ecomax
Acoustics

Pintu metal

Denah

Skala 1:2

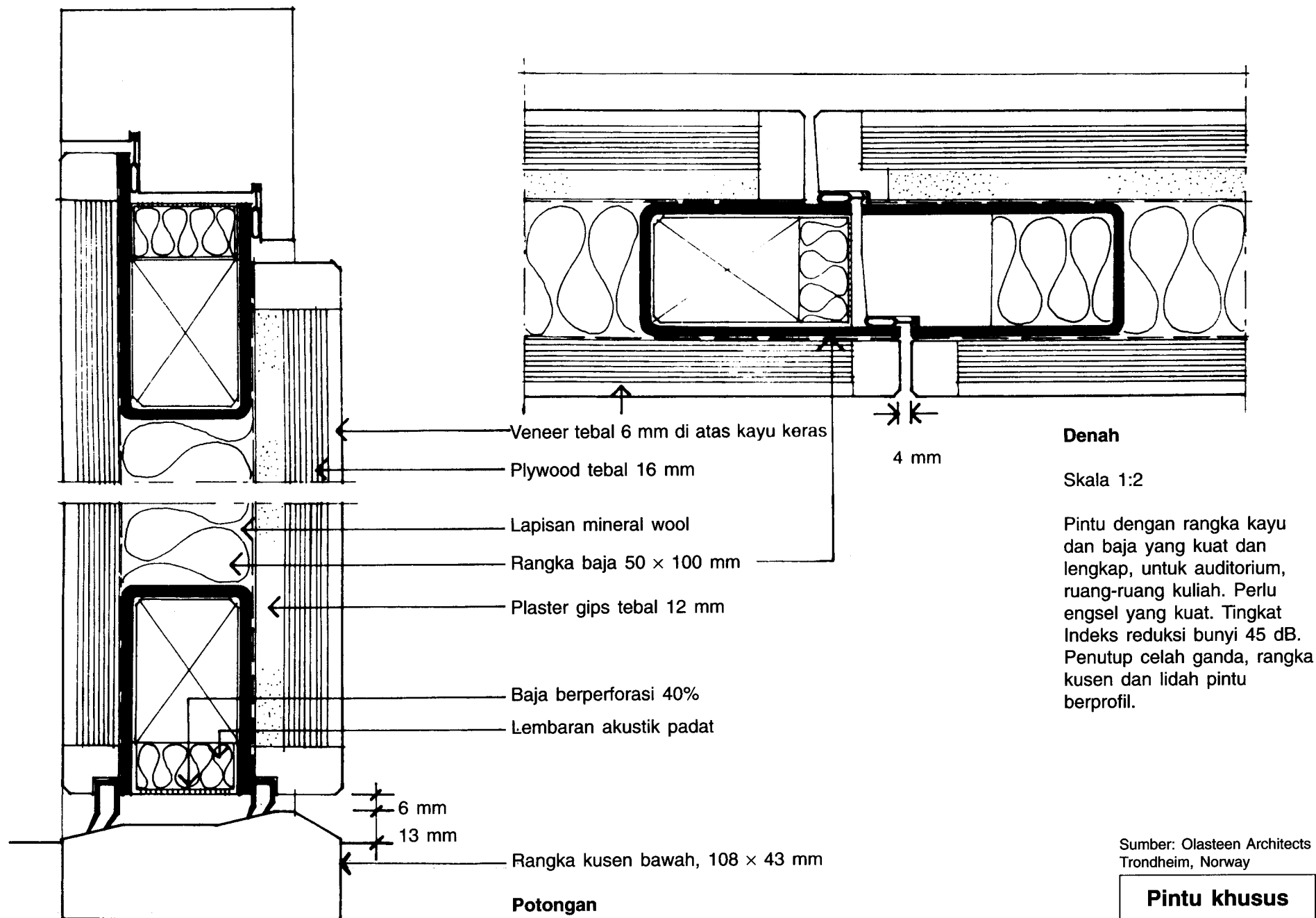
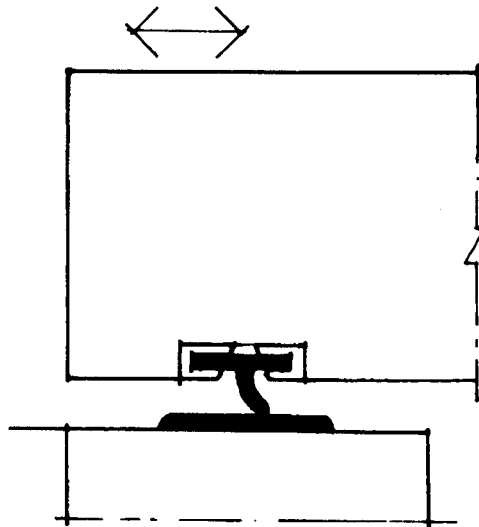
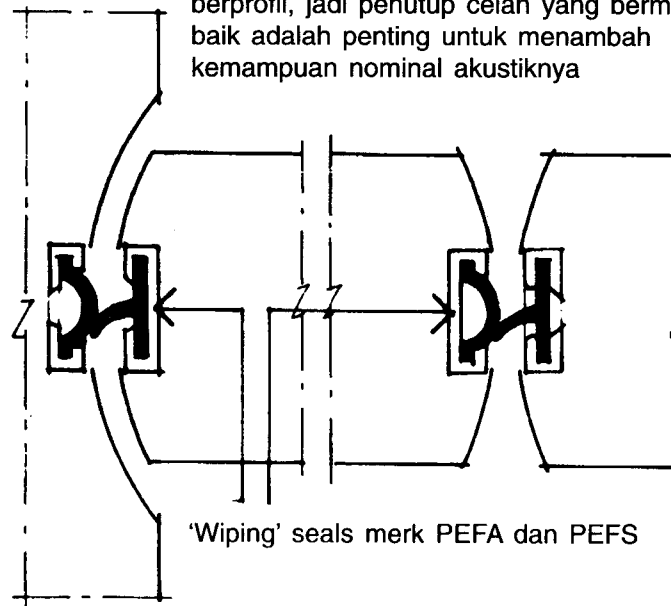
Pintu dengan rangka baja yang kuat, cocok untuk auditorium, studio-studio SRI 47 dB

Sumber: DNT/Bygget Oslo

Pintu khusus

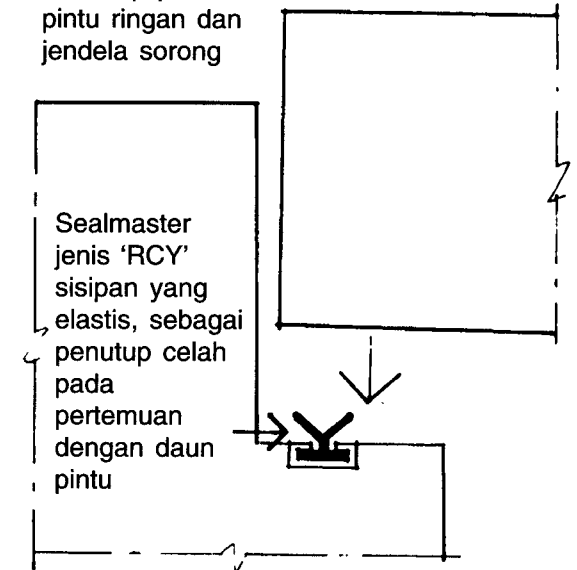
Skala 1:2

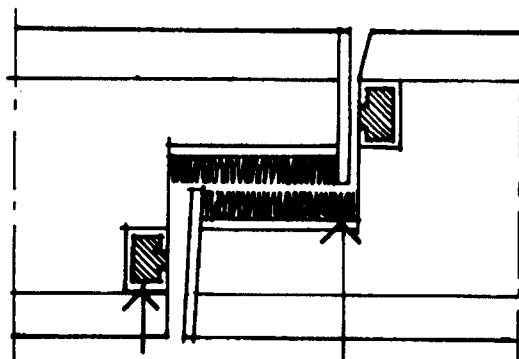
Pintu dengan rangka kayu dan baja yang kuat dan lengkap, untuk auditorium, ruang-ruang kuliah. Perlu engsel yang kuat. Tingkat Indeks reduksi bunyi 45 dB. Penutup celah ganda, rangka kusen dan lidah pintu berprofil.

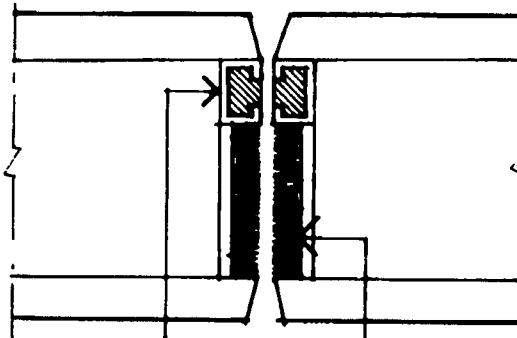
Sumber: Olasteen Architects Trondheim, Norway

Pintu khusus

Sealmaster jenis PEFA, berbentuk pisau yang ditanam ke dalam daun pintu sorong, bergeser pada lis PVC yang ada pada kusen.

Pintu sorong dan pintu yang dapat dibuka kedua arah tidak dapat mempunyai kusen berprofil, jadi penutup celah yang bermutu baik adalah penting untuk menambah kemampuan nominal akustiknya

'Wiping' seals merk PEFA dan PEFS

Sumber: Sealmaster Ltd

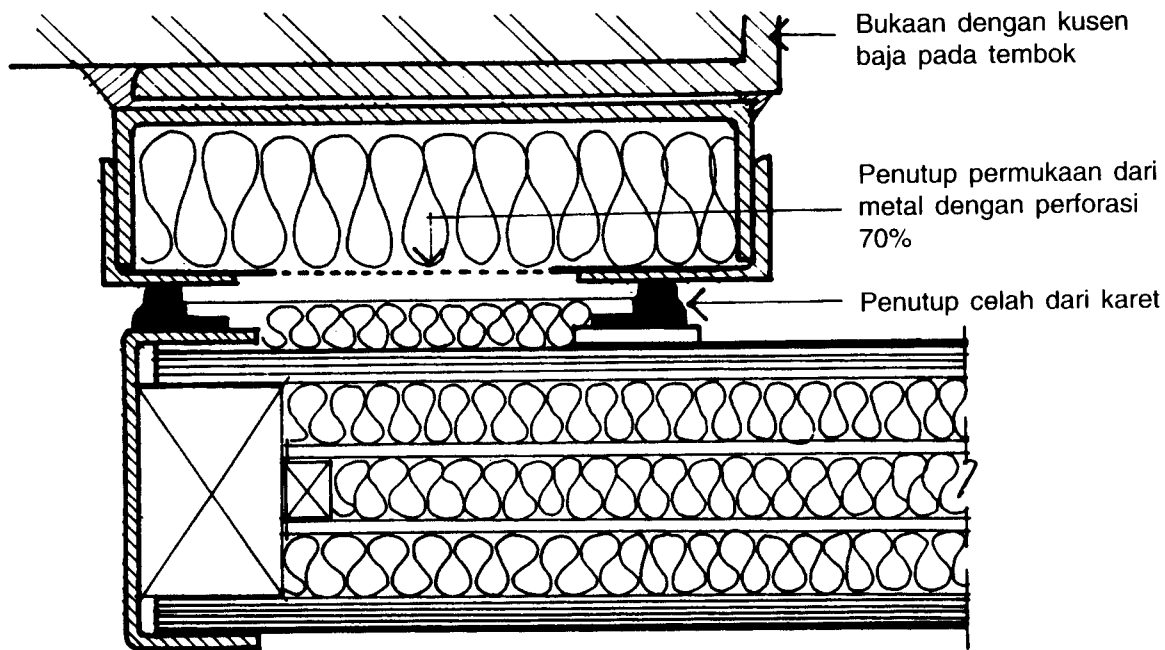
Keuntungan/kelebihan dibanding dengan compression seal bentuk huruf 'O' hanyalah tenaga yang dibutuhkan untuk menutup pintu lebih kecil: cocok untuk pintu ringan dan jendela sorong

Sealmaster jenis 'RCY' sisipan yang elastis, sebagai penutup celah pada pertemuan dengan daun pintu

Daun pintu dengan bukaan ke satu arah

Lis anti bahaya kebakaran
Sisipan karpet
Karpet meredam bunyi pada profil dan menghalangi terjadinya benturan saat pintu ditutup

Daun pintu yang dapat dibuka ke dua arah
Sumber: Arup Acoustics

Lis anti bahaya kebakaran
Sisipan karpet dan pengisi

Denah detail kusen

Skala penuh

Penutup celah pada pintu

Potongan horisontal
Daun pintu dan kusen

Bukaan pintu: 1340 × 2090 mm tinggi.
Pengoperasian: Tenaga listrik – saat pintu menutup, turun dan bergerak 45 derajat mendekati kusen untuk menutup pada lokasi pertemuan dan kusen.
Penutup celah: Gasket karet.
Daun pintu: Tebal 90 mm, inti pintu Rockwool tebal 18 mm, kedua permukaannya dilapis plywood setebal 10 mm dengan kulit lembaran baja tebal 2 mm.

Mempunyai kemampuan akustik yang baik untuk berbagai tingkat frekuensi. Digunakan pada studio-studio besar. Lantai yang benar-benar datar pada ambang pintu sangat diperlukan.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz
35	38	40	43	45	47	50	51	52	53	55	57	59	60	62	64	dB

Sumber:
Research Institute for Environmental Hygiene, Delft/Markus

Pintu khusus

Bukaan pintu: 300 × 4940 mm tinggi
Dioperasikan: dengan tenaga listrik, sorong
Berat Panel: 1820 Kg (4000 lbs)
Penutup celah: gasket berdiameter 37 mm, terisi penuh dengan busa, dobel, plus lidah penutup pada bagian tepi

Daun pintu tebal 152 mm dengan inti serat kaca, serat mineral rockwool, lembaran penutup tebal 0,8 mm dengan baja galvanis tebal 1,6 mm (gauge 16)

Penutup celah seal yang baik, konstruksi lapisan tebal dan berat sehingga memberikan sifat mereduksi suara dengan baik di segala frekuensi

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz
42	45	46	44	52	50	45	47	48	48	51	55	58	58	58	64	dB

Sumber: BBC/Clark
Door Ltd

Pintu khusus

Jendela

Kebutuhan untuk ventilasi alam, sering menjadi konflik dengan pengendalian masuk/keluarnya bunyi dari bagian dalam ruangan. BS 8233 menyarankan batas 40–45 dB L_{Aeq} untuk kantor-kantor swasta. Di mana tingkat kebisingan di luar lebih dari 60 dB L_{Aeq} atau 63 db L_{A10}, maka disarankan untuk melakukan beberapa cara guna mengurangi suara berisik dari luar. Tirai penghalang sinar matahari dan tirai penutup membantu mengurangi keinginan untuk selalu membuka jendela.

125	250	500	1000	2000	4000	Hz	Kunci	
11	13	7	10	10	12	dB	–■–	Jendela terbuka, tanpa tirai (R_w 10 dB)
14	19	17	23	25	31	dB	–+–	Jendela terbuka, tirai, 15° (R_w 22 dB)

Sumber: Windows System by Colt Internatinal Ltd

Jendela

152 mm

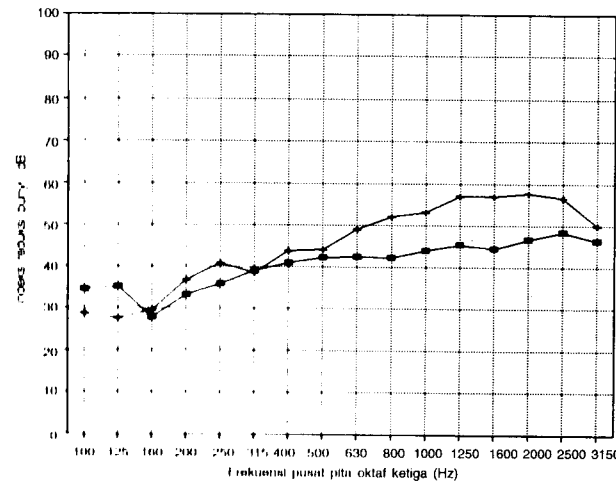
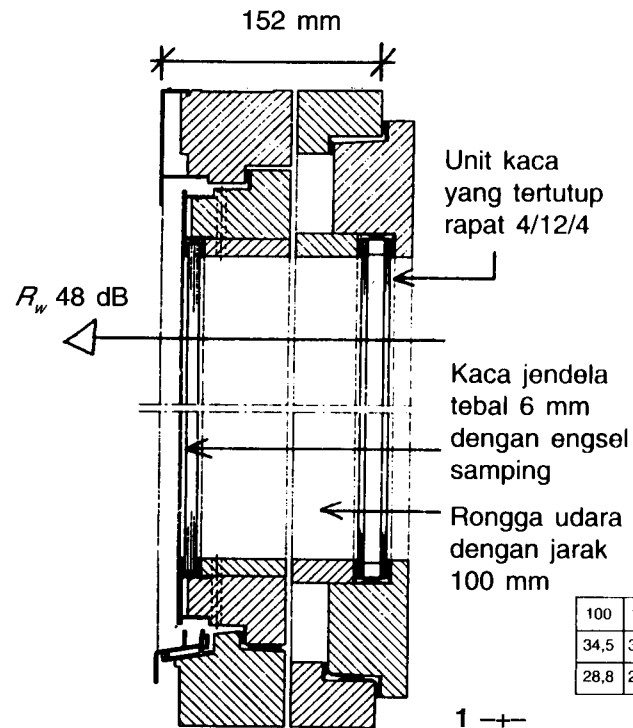
Unit kaca yang tertutup rapat 4/12/4

R_w 48 dB

Kaca jendela tebal 6 mm dengan engsel samping

Rongga udara dengan jarak 100 mm

1 —+—

Frekuensi pusat pita oktaf ketiga (Hz)

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci	
34,5	35,2	27,7	33,2	35,7	38,9	40,0	42,1	42,3	42,2	44,0	45,3	44,4	46,7	48,4	46,3	dB	44	–■–	2
28,8	27,6	29,6	36,8	40,7	38,5	43,8	44,1	40,1	52,1	53,2	57,0	57,0	57,7	56,6	50,0	dB	48	–+–	1

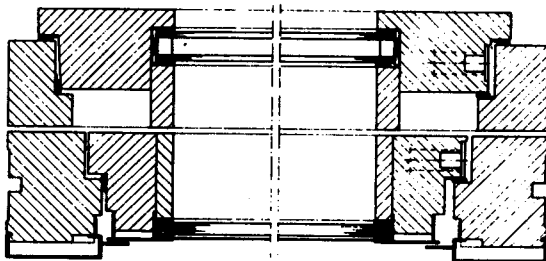
100 mm

Unit kaca yang tertutup rapat 4/12/4

R_w 44 dB

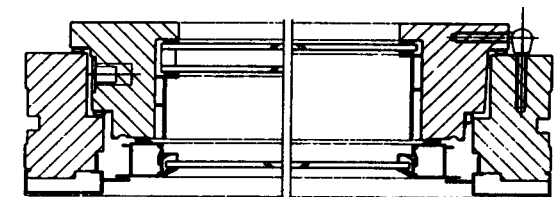
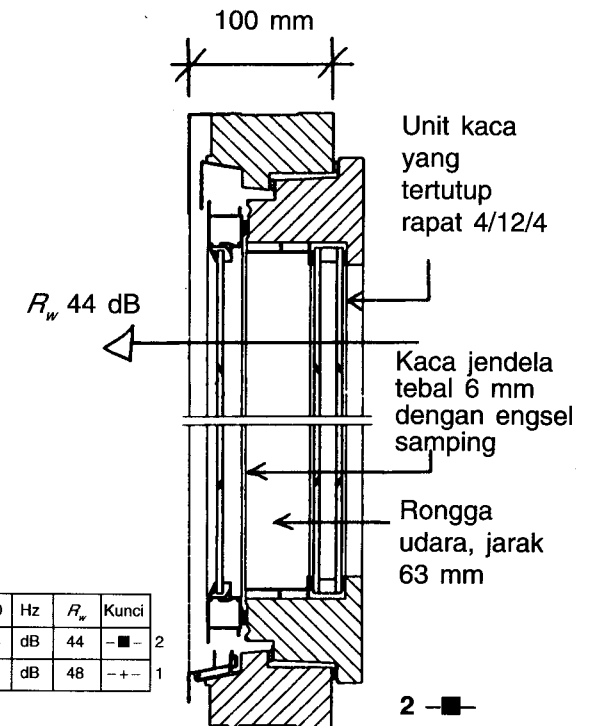
Kaca jendela tebal 6 mm dengan engsel samping

Rongga udara, jarak 63 mm

2 —■—

A 20 Special Perfomances Window by Sampson Windows Ltd

Rangka 2 rangkap, berjarak 5 mm, rongga yang ada diisi sealant plastik.

Pemasangan kaca 3 lapis

Situasi-situasi tertentu, misalnya jendela hotel, menginginkan agar jendela dapat dibuka, meskipun suara akibat cuaca buruk perlu 'jendela yang tertutup baik'. Tirai penutup cahaya dapat dipasang pada rongga di antaranya.

A 18 Special Perfomance Window by Symson Windows Ltd

Lubang cahaya dengan rangka tunggal, engsel samping

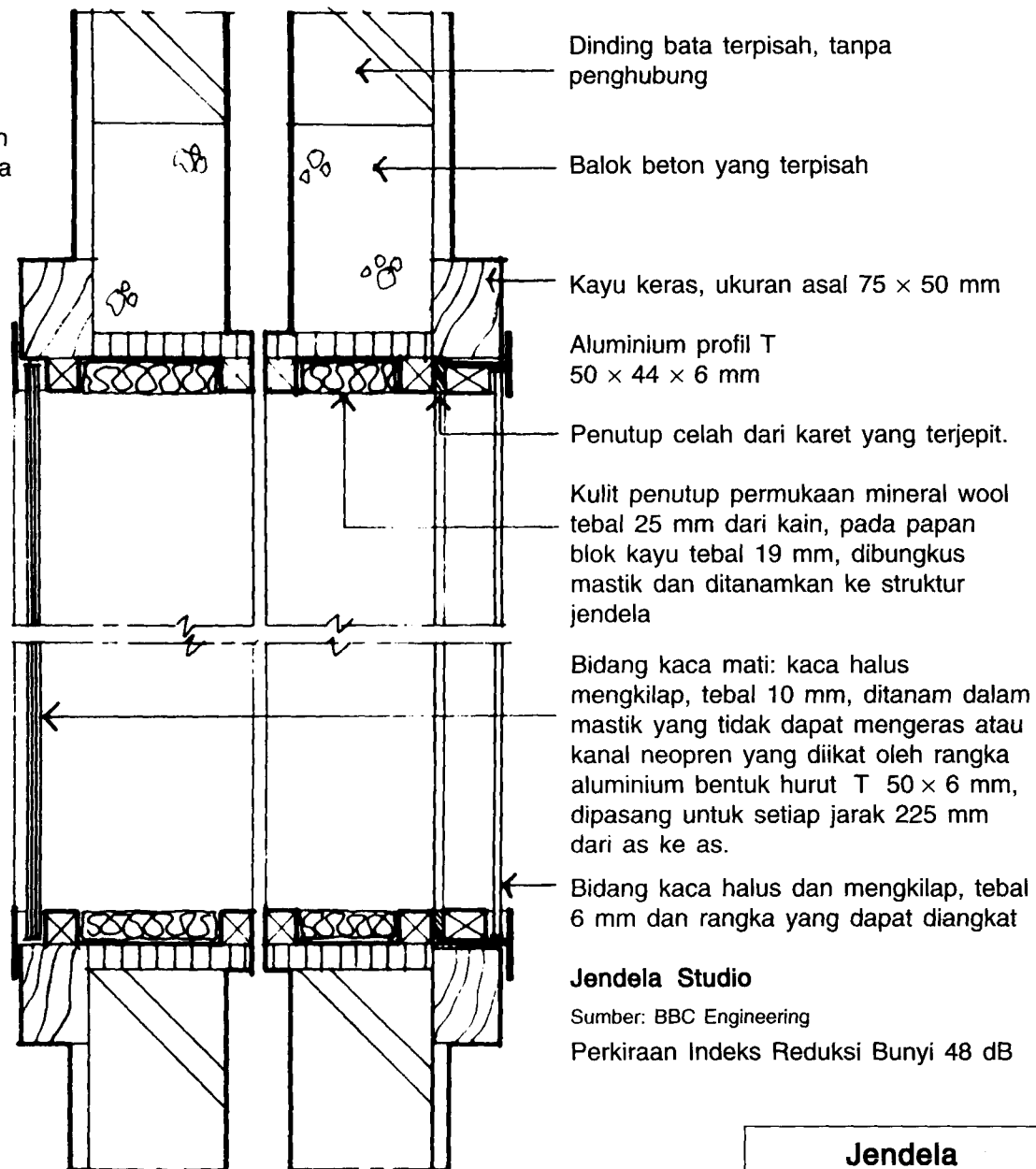
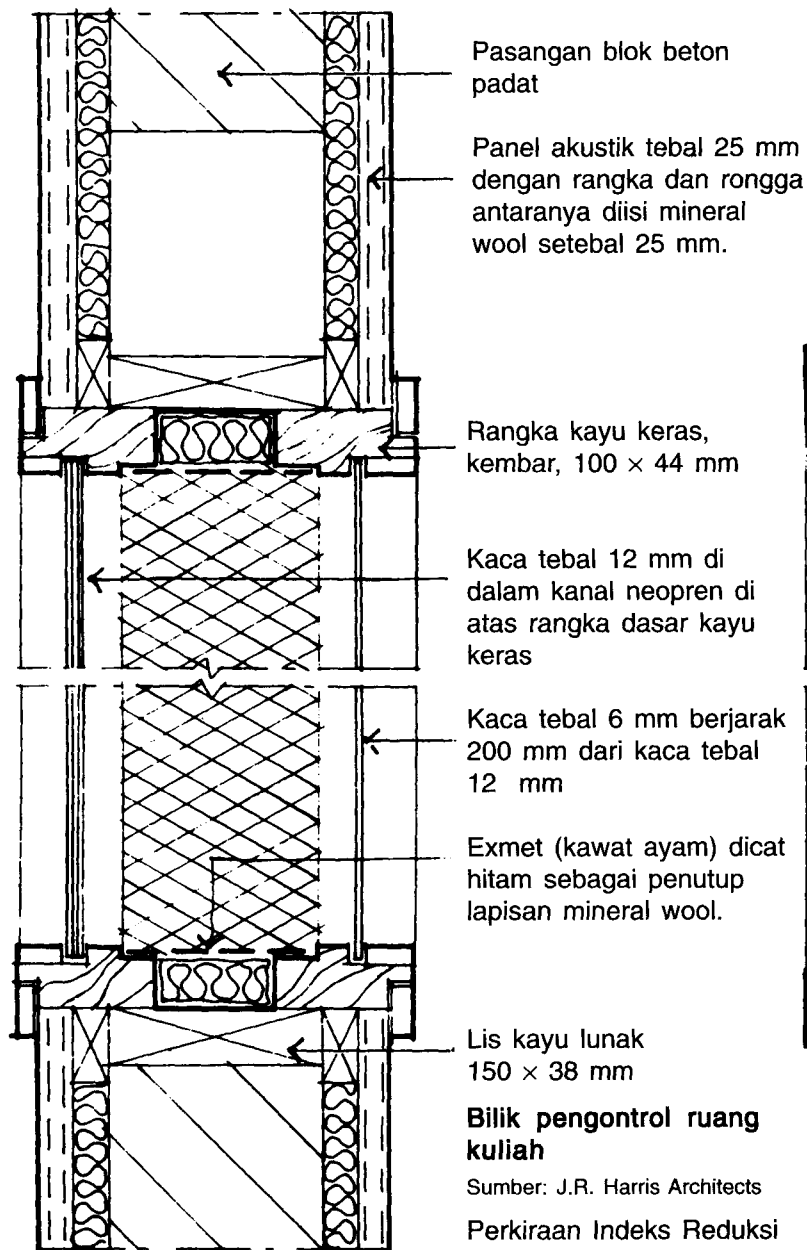
Bilik pengontrol ruang kuliah

Sumber: J.R. Harris Architects

Perkiraan Indeks Reduksi Bunyi 45 dB

Jendela Studio

Sumber: BBC Engineering

Perkiraan Indeks Reduksi Bunyi 48 dB

Jendela observasi

Kaca tunggal

Resonansi yang mempengaruhi kemampuan akustik tergantung dari ketebalan kaca (d). Titik paling lemah adalah frekuensi kritis.

$$f_c = \frac{12\,000}{d} = \text{Hz}$$

Laminasi meningkatkan isolasi bunyi, PMAA lebih baik dari PVB. Kaca tebal yang tahan api berkemampuan baik, mis; pyrostop 15 mm (36 kg/m^2) 38 dB, 21 mm (48 kg/m^2) 40 dB.

Kaca ganda (dobel)

Mungkin kaca ganda termal tampak sedikit lebih baik daripada kaca tunggal pada setengah beratnya. Efek resonansi dapat dihilangkan jika bidang kaca yang kedua berbeda > 30% dalam hal ketebalannya. Tebal rongga udara bukanlah faktor dalam batas yang biasa 6-20 mm. Pengisian dengan gas menambah sedikit perbedaan.

Rangka kaca ganda (dobel)

Rongga udara yang berkisar antara 50–150 mm, menambah kemampuan isolasi 10 dB. Penambahan selanjutnya kurang berarti jika melebihi batas 200 mm. Penambahan lapisan pada cekungan meningkatkan 2–6 dB.

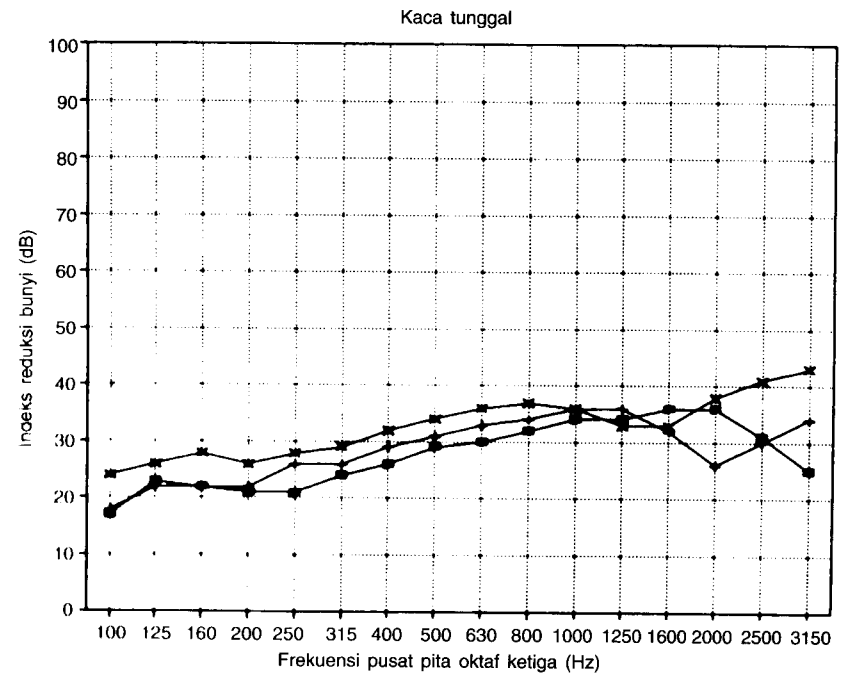
Luas jendela

Melipatgandakan atau memperkecil luas relatif jendela terhadap perubahan luas dinding mengubah isolasi kombinasi keduanya dengan 3 dB. Di samping ketebalan kaca, ukuran luar panel dapat menjadikan resonansi yang berfrekuensi rendah: frekuensi resonansi.

$$f_r = \frac{60}{\sqrt{Md}} \text{ Hz}$$

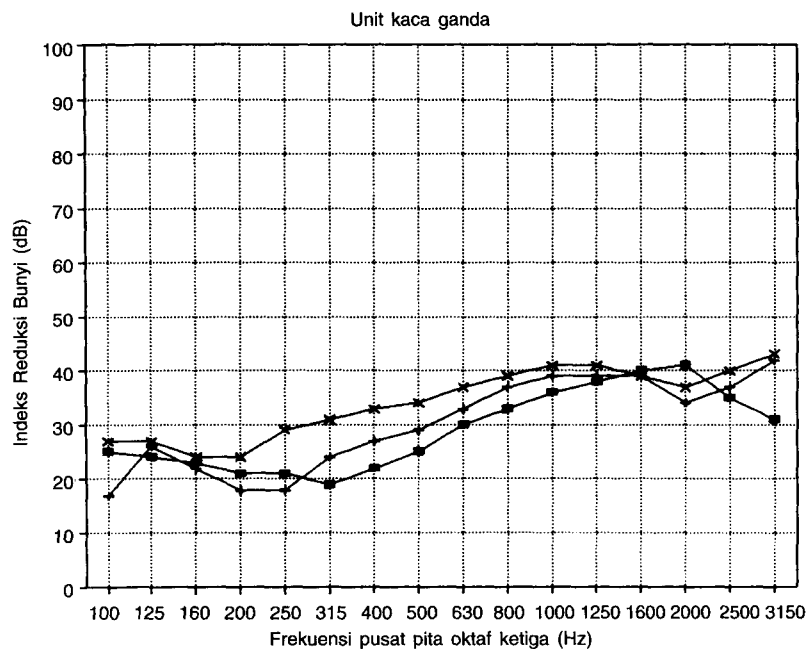
di mana *M* adalah masa permukaan panel kaca dan d adalah ketebalan dalam ukuran meter.

Rangka

Jenis rangka yang potongan melintangnya berlubang seperti uPVC dan aluminium dapat mencapai 38 dB R_w. Rangka yang terpisah model konstruksi Skandinavia (misalnya kayu/aluminium), yang dikembangkan untuk isolasi suhu yang tinggi, adalah baik. Profil yang dalam di mana bidang kaca tertanam ke dalam rangka, sangat membantu.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci
17	23	22	21	21	24	26	29	30	32	34	34	36	36	31	25	dB	30	-■-
18	22	22	22	26	26	29	31	33	34	36	36	32	26	30	34	dB	32	-+-
24	26	28	26	28	29	32	34	36	37	36	33	33	38	41	43	dB	36	-×-

-■- Kaca, tebal 4 mm
-+- Kaca, tebal 6 mm
-×- Kaca, tebal 10 mm

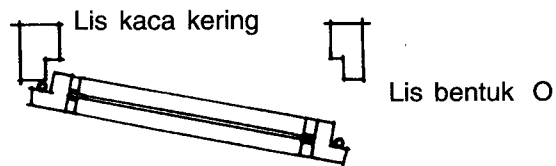
Sumber:
Pilkinson Glass

Jendela

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci
25	24	23	21	21	19	22	25	30	33	38	38	40	41	35	31	dB	31	–■–
17	26	22	18	18	24	27	29	33	37	39	39	39	34	37	42	dB	33	–+–
27	27	24	24	29	31	33	34	37	39	41	41	39	37	40	43	dB	38	–×–

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w	Kunci
25	27	27	33	33	37	41	46	50	54	57	59	58	52	51	48	dB	46	–■–
27	30	30	34	34	39	42	46	50	54	57	58	58	52	49	47	dB	47	–+–
32	37	39	45	46	46	47	45	45	44	45	50	53	58	58	64	dB	49	–×–

–■– 4/12/4 kaca/rongga/kaca
–+– 6/12/6 (mm)
–×– 10/12/6 unit tertutup

–■– 4/12/4 kaca/rongga/kaca
–+– 6/12/6 (mm)
–×– 10/12/6 Dalam rangka terpisah

Sumber:
Pilkinson Glass

Jendela

Bukaan cahaya arah ke dalam

Celah: Pengujian dengan menutup pintu atau jendela sampai terjadi reaksi pantul. Kombinasi 2 buah lis mungkin diperlukan jika pintu tidak lurus. Dipasang dengan perekat atau pengikat dari baja tahan karat atau paku kuningan

Penutup celah D-2 memasangnya ditekan ke sudut-sudut pertemuan antara rangka kusen dan dinding

Lis penutup kaca kering 8 × 4 mm s/d 10 × 5 mm untuk menutup celah 2—2,5 mm

Lis penutup bentuk huruf O dalam karet silikon, digunakan untuk celah 3-5 mm

Lis penutup bentuk V digunakan untuk celah pintu 3-7 mm

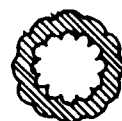
Lis penutup bentuk P , sesuai untuk celah 3-5 mm

Penutup celah bunyi pada langit-langit, dinding atau sambungan lantai terhadap partisi, berukuran 35 × 10 s/d 120 × 10 mm

Lis bentuk huruf V

Lis bentuk huruf -P. Menutup celah pada rangka jendela sorong: penutup celah bentuk sikat yang siripnya terletak ditengah dapat juga digunakan (jenis Welvic dari Manton Insulations atau yang setara)

Ambang bawah pintu yang lentur 76 × 13 mm. Tidak menghalangi lalu lintas kursi roda: berguna di rumah-rumah sakit dan bangunan sekolah

Ukuran penutup celah gabungan 13 × 8 mm (Diameter luar x Diameter dalam) sampai 35 × 28 mm agar sesuai pertemuan dengan jarak 5—35 mm

Lis penutup celah akustik 50 × 5 mm

Lis bentuk segitiga menawarkan hasil penutupan yang baik walaupun dengan hanya menggunakan sedikit tenaga

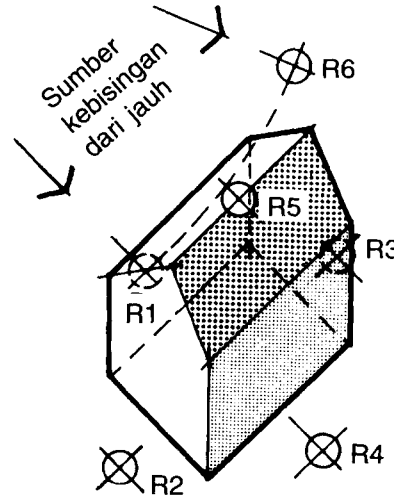
Berbagai jenis penutup celah untuk celah di ujung-ujung

Sumber: the Varnamo Rubber Co (UK) Ltd

Penutup celah jendela dan pintu

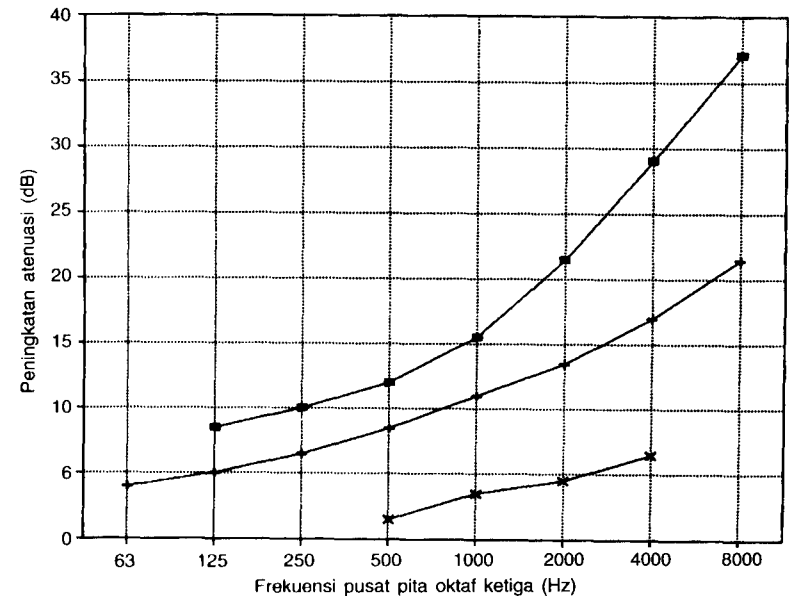
Bangunan

Bangunan dan dinding mempengaruhi tingkat bunyi pada lokasi tersebut, jadi dengan menempatkan ruang-ruang dan jendela-jendela ke bagian yang lebih terlindung akan bermanfaat karena memberikan intrusi bunyi yang lebih rendah ke bagian dalam. Jika garis pandangan dari sumber bunyi hilang, akan terjadi pengurangan bunyi yang cukup besar (10 dB+).

Tingkat kebisingan suara di bagian depan R1 = X
Tingkat kebisingan suara di bagian samping R2 = X-6 dB
R3 = X-6 dB
Tingkat kebisingan suara di bagian belakang R4 = X-10 dB
Tingkat kebisingan suara di bagian atap R5 = X-3 dB
Tingkat kekerasan suara tanpa ada benda yang menjadi dinding di belakangnya. R6 = X-2,5 dB

Jarak

Faktor utama yang mempengaruhi reduksi pada tingkat kebisingan akibat jarak adalah penyebaran energi, dengan menambah jarak menjadi 2 kali lipat, cenderung menyebabkan pengurangan kekuatan bunyi sebesar 6 dB. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi reduksi bunyi karena jarak adalah: efek tanah, suhu udara, kecepatan dan arah angin, kabut, salju dan hujan.
Sumber bunyi yang bersifat linier (garis lurus) seperti suara lalu lintas, reduksi bunyi akibat jarak jauh lebih sedikit – 3 dB/penggandaan jarak.

Tanaman

Tanaman bermanfaat untuk mengurangi bunyi frekuensi tinggi, tetapi secara terbatas digunakan untuk menghalangi bunyi, misalnya bunyi kebisingan lalu lintas selain menggunakan tanggul

63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz	Kunci	
–	8,5	10	12	15,5	21,5	29	37	dB	–■–	Hutan cemara yang sangat lebat (USSR)
4	5	6,5	8,5	11	13,5	17	21,5	dB	–+–	Rata-rata semua tipe hutan (USA)
–	–	–	1,5	3,5	4,5	6,5	–	dB	–×–	Pepohonan yang renggang

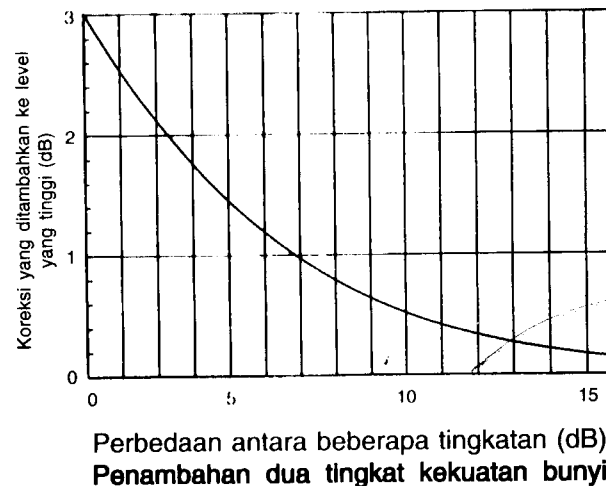
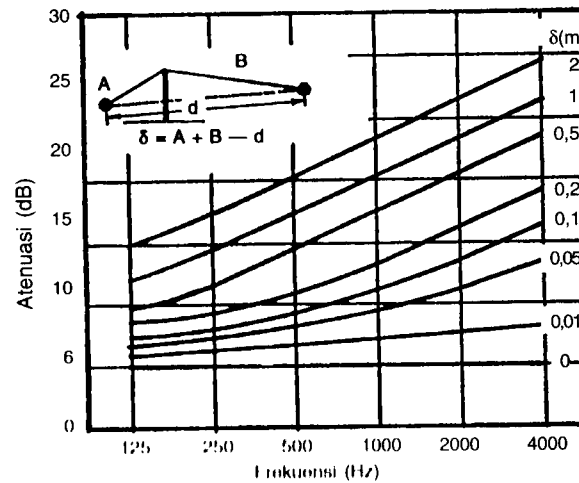
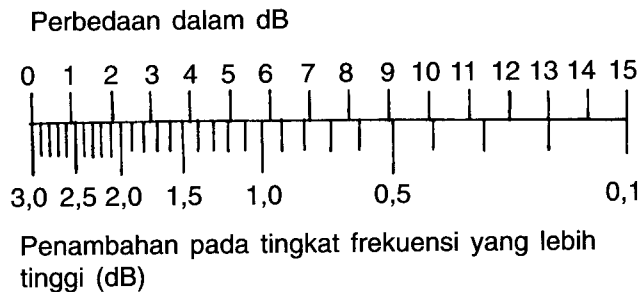
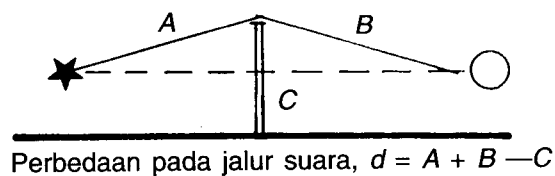
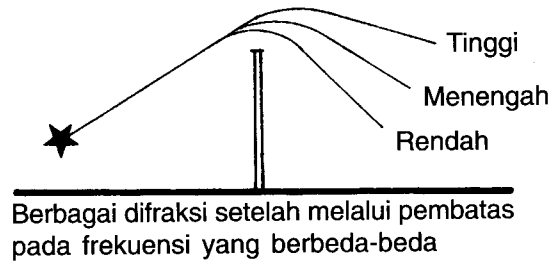
(sumber: Beranek)

Bising dari luar

Pembatas dan penyaring

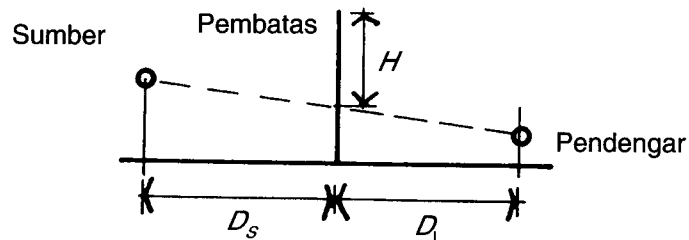
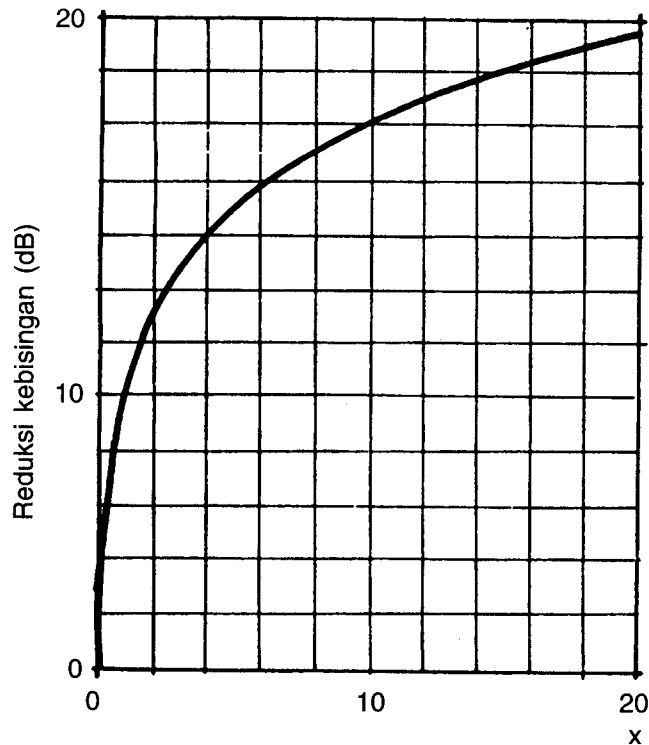
Berbagai difraksi setelah melalui pembatas pada frekuensi yang berbeda-beda

Perbedaan pada jalur suara, $d = A + B - C$

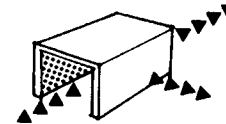
Atenuasi pada titik sumber bunyi dengan penghalang yang sangat panjang
(sumber: Parkin Humproys & Cowell)

Atenuasi (pelemahan) sebagai akibat adanya penghalang di udara bebas berkaitan dengan seberapa jauh bunyi tersebut harus merambat melewati penghalang itu. Pengurangan sebagai akibat penghalang dengan panjang terbatas, lakukan perhitungan jalur suara menurut denah maupun potongannya dan kombinasikan pengurangannya.
Berat/bobot bahan penghalang tidak penting, tetapi perlu permukaan yang masif pada sisi yang menghadap arah bising.

Penambahan pada tingkat frekuensi yang lebih tinggi (dB)

Perbedaan antara beberapa tingkatan (dB)
Penambahan dua tingkat kekuatan bunyi

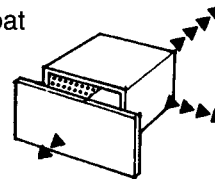
Mengkombinasikan beberapa tingkatan bunyi, misalnya hitungan perbedaan jalur suara seperti di atas, dapat dilakukan dengan menggunakan salah satu angka pada LHS.
Misalnya, suara dering telepon berjarak 3 m, pada 73 dB menambah latar belakang suara 70 dB dalam ruang kelompok juru ketik untuk menjadi 74, 75 dB (dibulatkan 75 dB).

$X = H^2/\lambda\ D_S$ jika $D_l >> D_S$ dan $D_S > H$
Ketinggian pembatas dapat ditentukan jika panjang gelombang sumber bunyi dan D_s diketahui dan syarat pengurangan dB yang ditentukan jelas

Penutup dengan salah satu sisinya terbuka

–1 dB [+ABS]
+3 dB [tanpa pelapis permukaan]

–13 dB

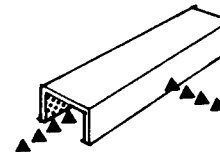
–9 dB [+ penyerapan terhadap kondisi ruangan dalam yang tertutup]
–6 dB [tanpa pelapis permukaan]

Bagian sisi yang terbuka dan penghalang yang dapat digerakkan.

–10 dB[+ABS]
–4 dB [tanpa pelapis permukaan]

–10 dB [+ penyerapan terhadap kondisi ruangan dalam yang tertutup]
–5 dB [tanpa pelapis permukaan]

–10 dB [+ABS]
–4 dB [tanpa pelapis permukaan]

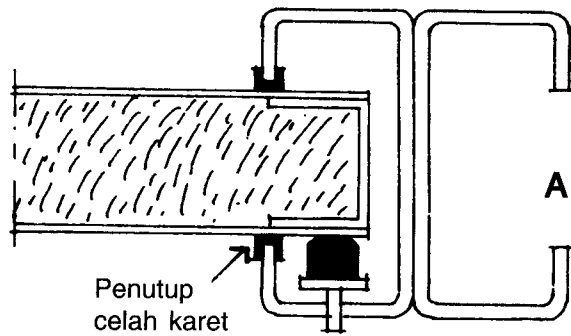
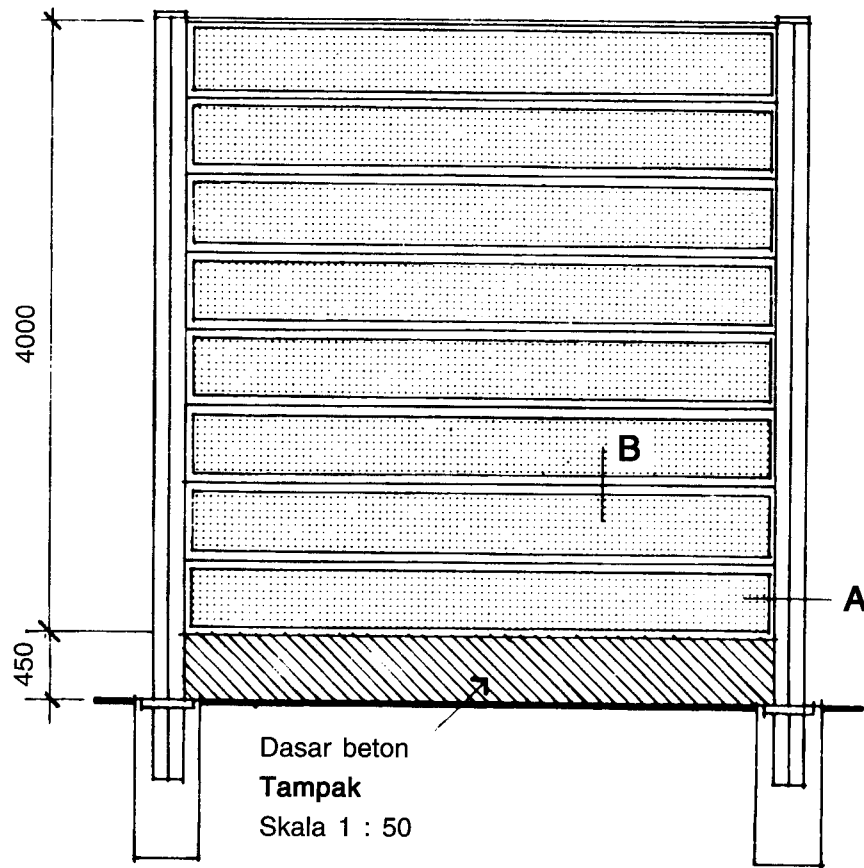
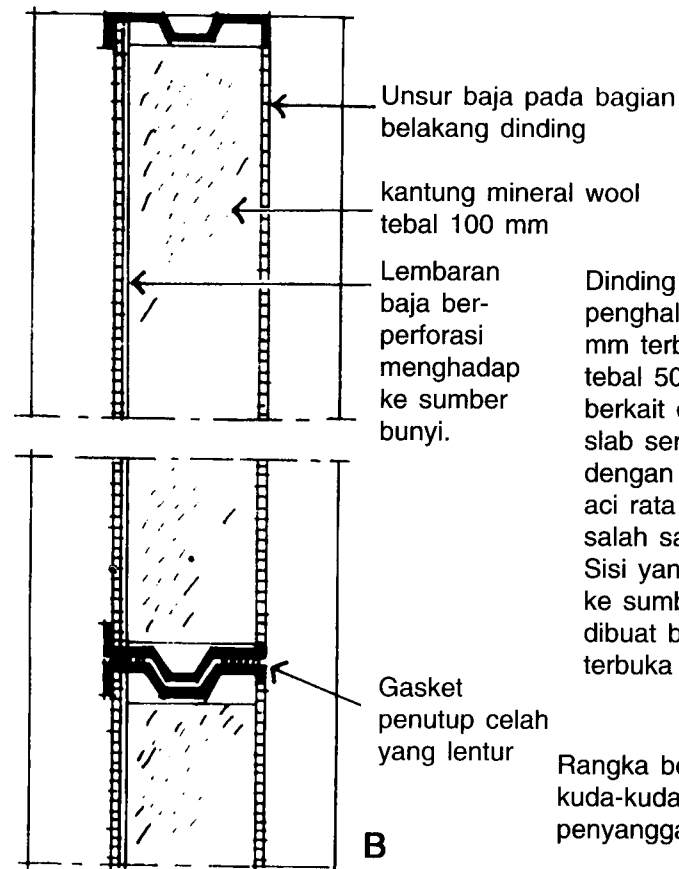
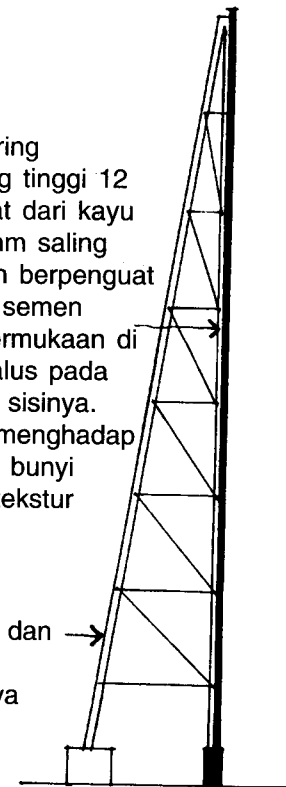
Terowongan

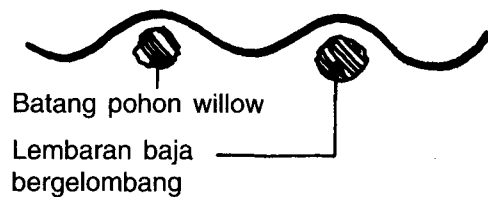
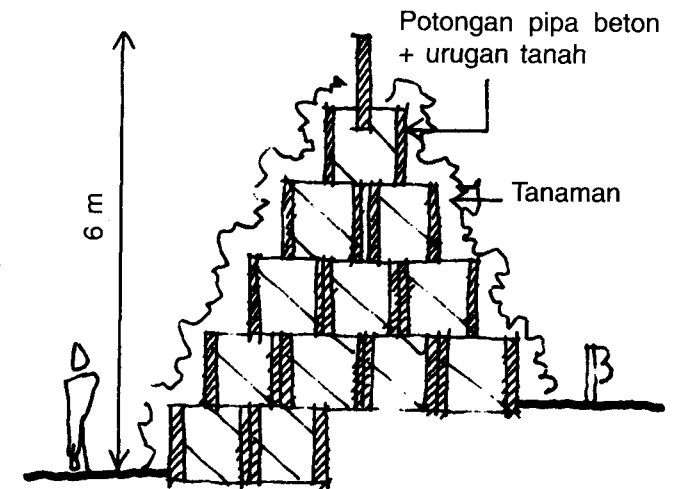
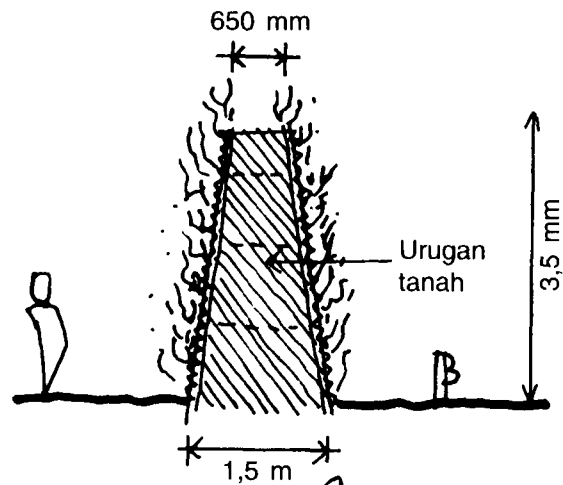
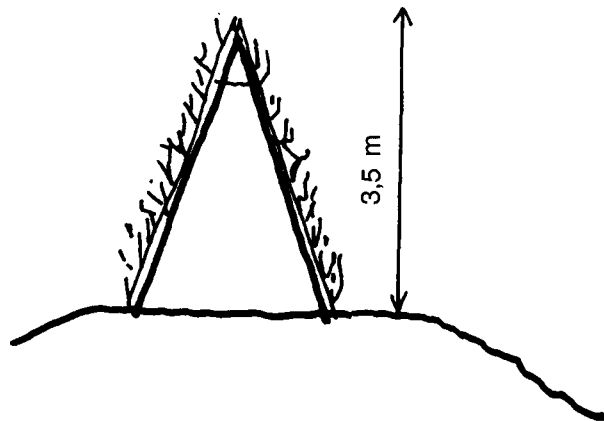
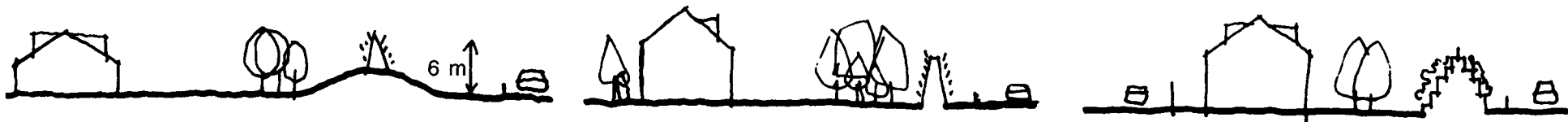
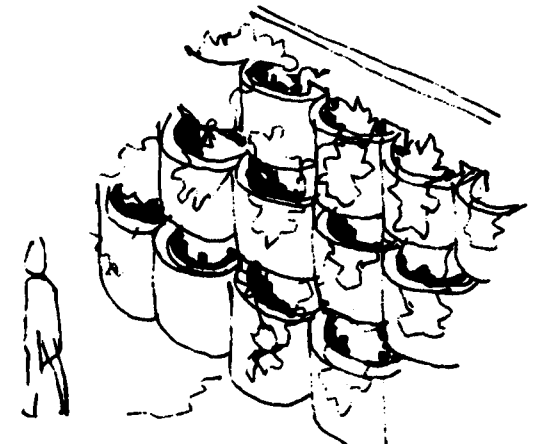
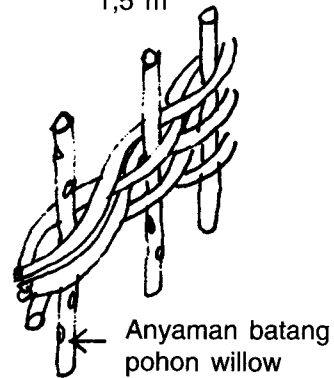
–3 dB [+ABS]
+1 dB [tanpa pelapis permukaan]

–12 dB [+ABS]
–5 dB [tanpa pelapis permukaan]

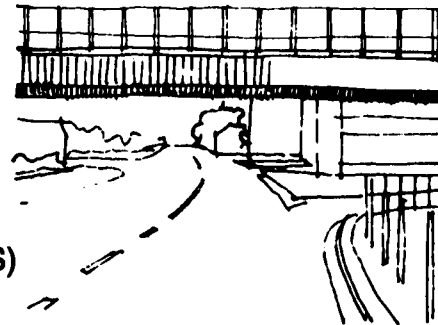
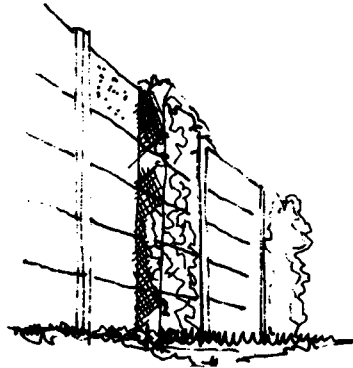
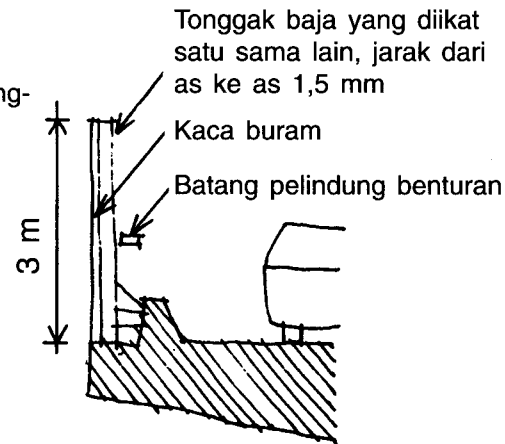
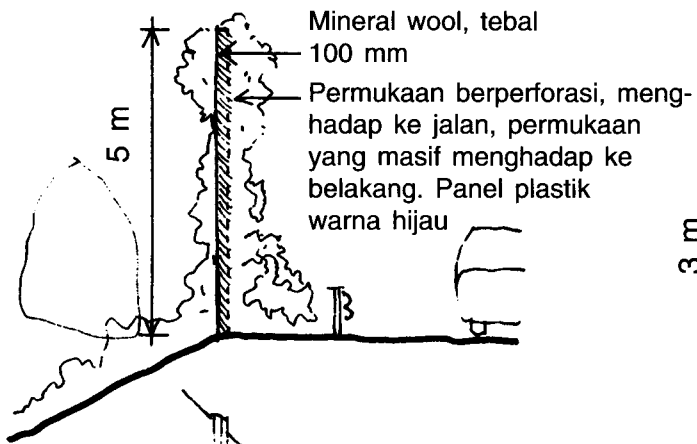
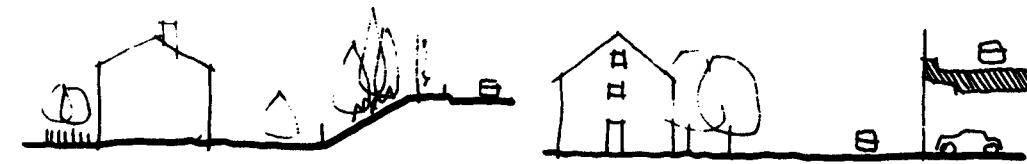
Efek pada tingkat tekanan bunyi langsung yang berfrekuensi sekitar 500–4 kHz untuk penutupan yang hanya sebagian.

Sumber: Woods of Colchester

(Catatan: Hanya indikasi, pada titik-titik di dekat lapangan sampai tutupannya)

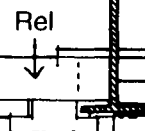
Penghalang bising

Detail pemasangan/pengikatan panel bentur

Panel-panel penghalang peredam suara
Digunakan di sepanjang jalan untuk melindungi perumahan yang ada di sisinya. Ikatan yang lentur memberi kesempatan adanya gerakan yang lembut pada panel untuk menyerap energi suara. Efek peredaman (DIN 52210) rata-rata 27 dB

Dinding penutup pada bangunan pabrik/industri
Pagar penghalang yang tinggi di sekitar bangunan pabrik diperlukan jika daerah pabrik pemrosesan yang berskala besar memang harus ditutup pagar. Karena penghalang suara harus masif, maka akibat beban angin, pagar perlu rangka yang kuat

Penghalang bising

Contoh pagar hidup penghalang di Negeri Belanda

Contoh di Jerman, dekat Cologne

Penghalang bising

Contoh di Jerman, dekat Bonn (RHS) dan Cologne (atas).

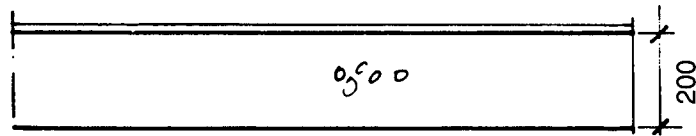
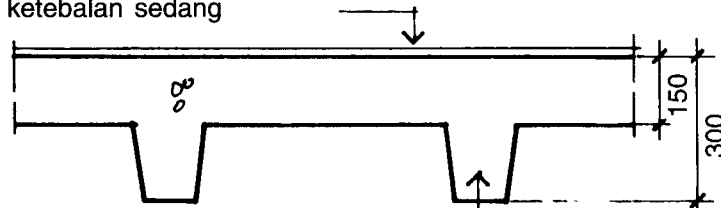
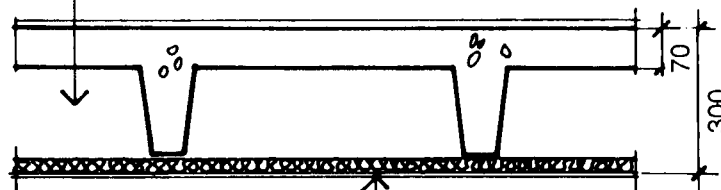
Beberapa contoh ini diambil dari sebuah laporan yang disiapkan untuk Departemen Transportasi oleh Tavern Morgan.
Dapat digunakan pagar penghalang atau pagar penghalang + tanggul atau tanggul saja. Tetapi jika hanya tanggul, perlu ukuran lebar yang besar (mis, 13 m untuk tinggi 3 m dengan asumsi kemiringan di kedua sisinya 1 : 2).

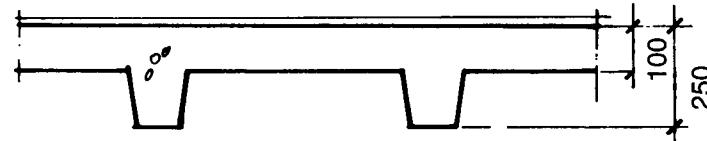
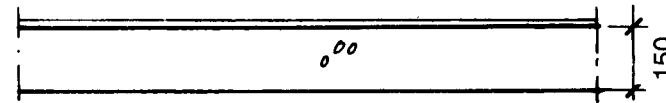
Tingkat kebisingan yang diperkirakan dengan menggunakan metode kalkulasi

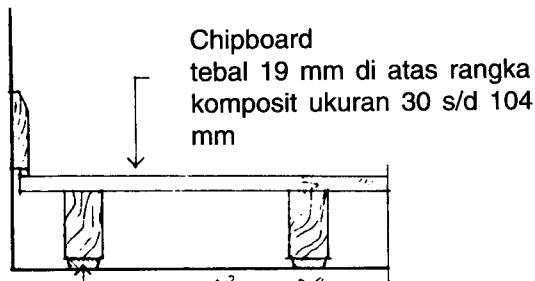
		Tingkat suara dB(A) selama 12 jam ekuivalen (Leq)		
Jarak dari jalan raya (m)	Tinggi pagar pembatas (m)	Inggris	Jerman	Perancis
20	0	75	74	77
50	0	70	70	73
250	0	60	69	62
20	2	74	74	78
50	2	66	68	72
250	2	58	57	57
20	4	66	67	68
50	4	61	61	63
250	4	54	52	51

Tampak skala 1 : 20

Atenuasi bising menurut teori, maksimum 20 dBA. Hasil yang umum dicapai 5—10 dBA

Sumber:
Berkshire Fencing
Special Projects Ltd

Penghalang bising

Struktur lantai dengan isolasi untuk tumbukan bunyi benturan

$L_{nT,w}$ = 63 dB
(L_{nTw} adalah bobot standar tingkat bunyi benturan sesuai BS 5281 Bab 7) Diukur sesuai dengan BS 2750

$L_{nT,w}$ = 68 dB
Gambar potongan tidak berskala
Angka-angka mengasumsikan tidak ada pembelokan bunyi.

Sumber: Dr Lang
Technologische
Gewerbe Museum
Vienna

Busa agak keras sebagai isolator bunyi setebal 8 mm dilekatkan pada rangka, kanal bentuk huruf x sebagai ventilasi, untuk jarak setiap 300 mm dari garis tengahnya

Slab lantai beton

Kontruksi baru
Lantai mengambang untuk mendapatkan isolasi bunyi benturan yang baik

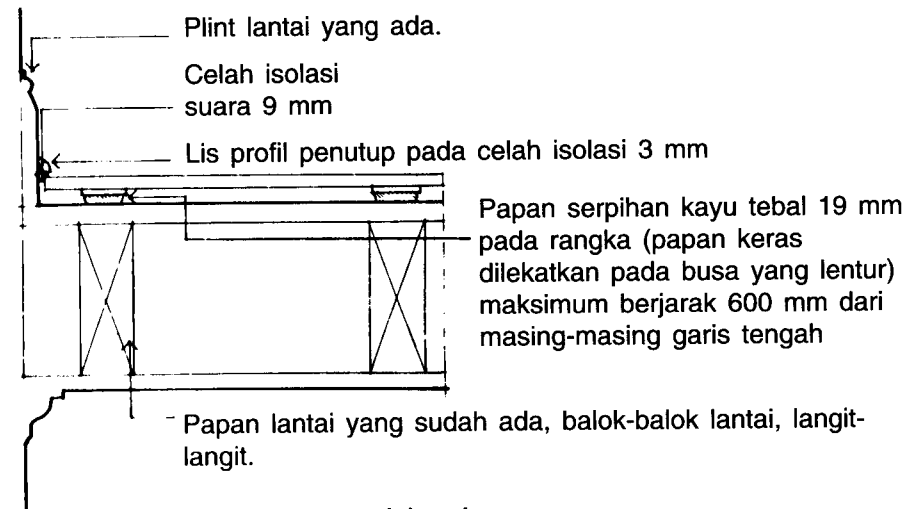
Digunakan di bangunan rumah susun, maisonette dan kantor-kantor yang bertata letak terbuka

Plint lantai yang ada.

Celah isolasi suara 9 mm

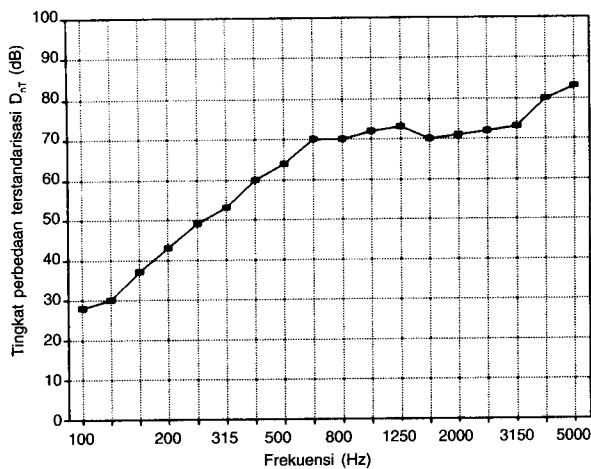
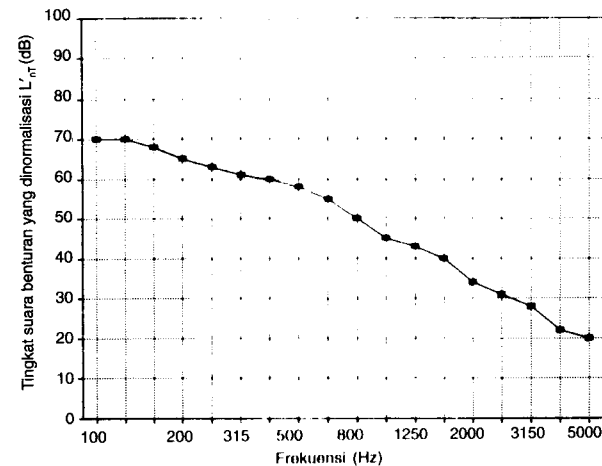
Lis profil penutup pada celah isolasi 3 mm

Papan serpihan kayu tebal 19 mm pada rangka (papan keras dilekatkan pada busa yang lentur) maksimum berjarak 600 mm dari masing-masing garis tengah

Papan lantai yang sudah ada, balok-balok lantai, langit-langit.

Lantai yang sudah ada:
Peningkatan untuk mencapai isolasi suara akibat benturan yang lebih baik dengan memodifikasi sistem lantai Westourne,

Skala 1 : 10

Suara yang merambat melalui udara

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Hz
28	30	37	43	49	53	60	64	70	70	72	73	70	71	72	73	80	83	dB

Suara akibat benturan

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Hz
70	70	68	65	63	61	60	58	55	50	45	43	40	34	31	28	22	20	dB

Sumber: Contiwood (Durabella) Ltd

Isolasi pada lantai

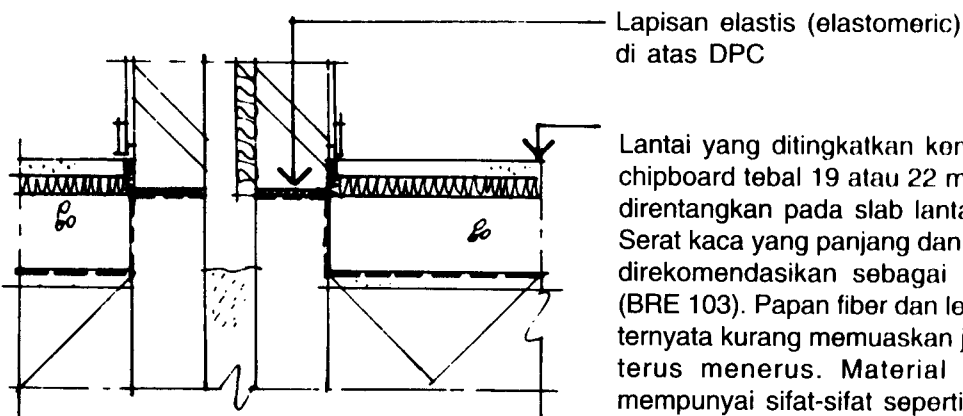
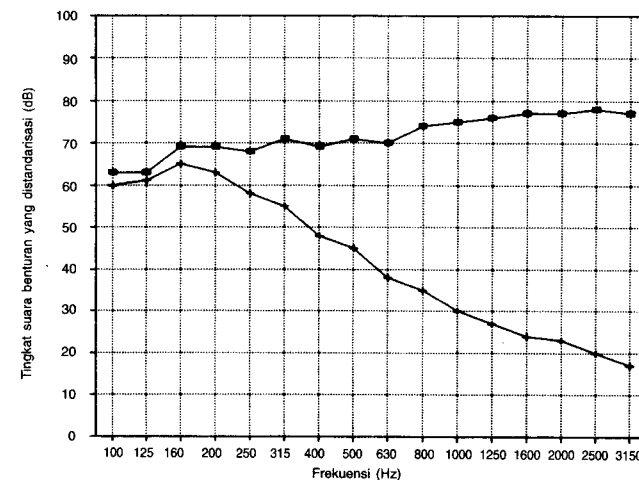
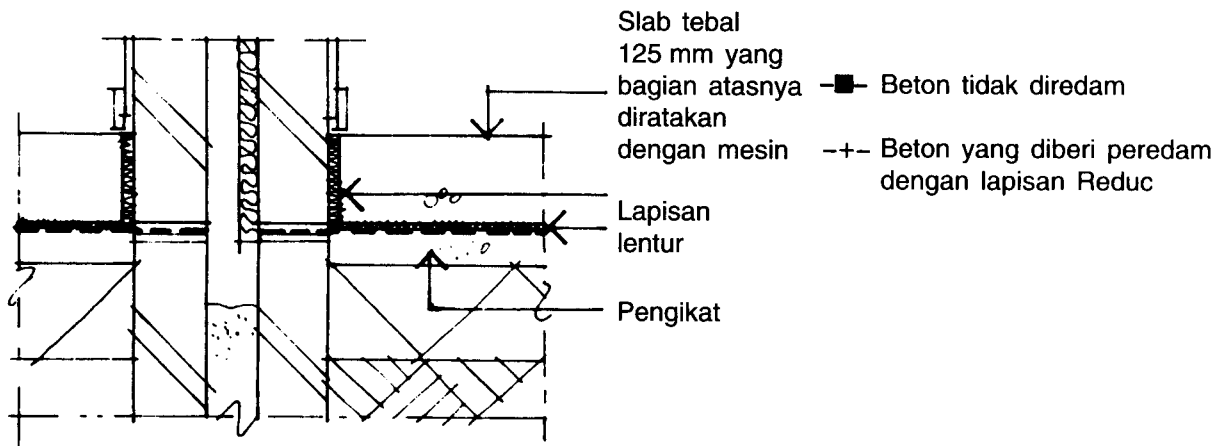
Slab tebal 125 mm yang bagian atasnya diratakan dengan mesin

Lapisan lentur

Pengikat

-■- Beton tidak diredam

-+- Beton yang diberi peredam dengan lapisan Reduc

Lapisan elastis (elastomeric) di atas DPC

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz
63	63	69	69	68	71	69	71	70	74	75	76	77	77	78	77	dB
60	61	65	63	58	55	48	45	38	35	30	27	24	23	20	17	dB

1 lebih buruk dibanding 3: lapisan selimut lentur tergantung dari tenaga kompresi ekstra dan air dari pengaduk beton. Materi peredam di dalam rongga memutuskan rambatan bunyi yang melintasi rongga.

1-4 menunjukkan berbagai cara untuk membuat isolasi pada slab lantai yang bersebelahan dengan ruang-ruang untuk menghindarkan pembelokan bunyi (misalnya dalam ruang-ruang musik, ruang-ruang konferensi)

4 tidak praktis untuk dipasang

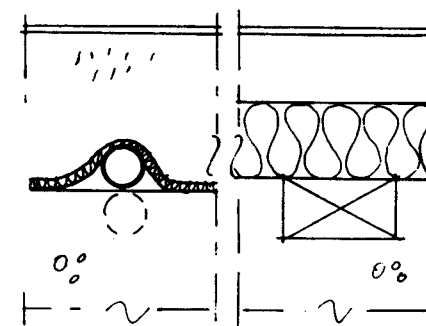
Lantai yang ditingkatkan kemampuan isolasinya: chipboard tebal 19 atau 22 mm di atas *polistirena* yang direntangkan pada slab lantai.

Serat kaca yang panjang dan selimut mineral wool telah direkomendasikan sebagai bahan yang paling teruji (BRE 103). Papan fiber dan lembaran kertas dari rambut ternyata kurang memuaskan jika menerima beban yang terus menerus. Material yang digunakan harus mempunyai sifat-sifat seperti berikut:

A – Kepadatan 15-25 kg/m^3 minimal,

B – Ketebalan tidak kurang dari 13 mm,

C – Papan dipadatkan sebelumnya sehingga ketebalan akhir mencapai setengah dari ketebalan asalnya, namun cepat kembali sampai mencapai 90% dari ketebalan asal.

Material tipis yang menjanjikan kemampuan absorbsi adalah: Reduc yang mempunyai ketebalan membran hanya 1,5 mm. Panel isolasi lain, misalnya Panel TRT terdiri dari chipboard, papan keras, atau plywood di salah satu sisi dari lapisan viskoelastis tipis yang mempunyai sifat peredaman yang tinggi.

Konduit atau pipa dipasang di bawah lapisan perata lantai (tidak lebih dari 25 mm, dari aduk perata yang tebalnya 50 mm)

Kantong-kantong di bawah *polistirena* yang dapat dikembangkan lebar tidak melebihi 75 m

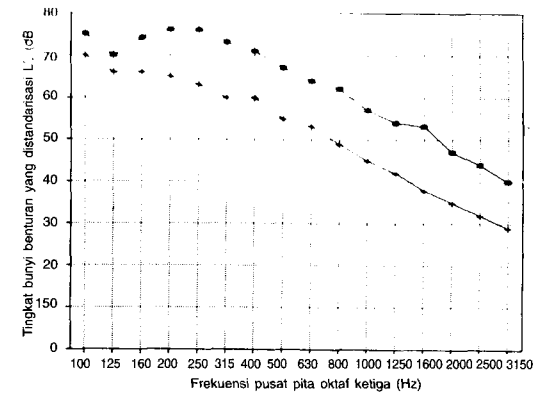
Isolasi lantai

Lapisan perata permukaan bertulang di atas lapisan lentur

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
75	70	74	76	76	73	71	67	64	62	57	54	53	47	44	40	dB	-■-
70	66	65	65	63	60	60	55	53	49	45	42	38	35	32	29	dB	-+-

Lantai asli dan modifikasi Hushpanel

Lantai asli

Bunyi akibat benturan

3

Sistem komposit Hushpanel dari Hush Products Ltd. 23 kg/m^3

Cincin karet

Papan keras

Chipboard

Foil ujung

Lembaran tipis

Papan lantai yang di-pertebal

Skala 1 : 2

4

Lapisan perata di atas slab (tanpa selimut horisontal)

Lapisan lentur diteruskan ke arah vertikal sampai ke pondasi (berakhir pada dpm supaya terjadi tumpang tindih dpm/dpc)

Tingkat perbedaan terstandarisasi (dB)

80
70
60
50
40
30
20
10
0

100 125 160 200 250 315 400 500 630 800 1000 1250 1600 2000 2500 3150

Frekuensi pusat pita oktaf ketiga (Hz)

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
27	36	39	43	42	46	45	50	54	56	57	57	59	59	61	65	dB	■
25	32	35	40	39	40	43	46	47	49	50	52	53	53	53	53	dB	+

Lantai asli

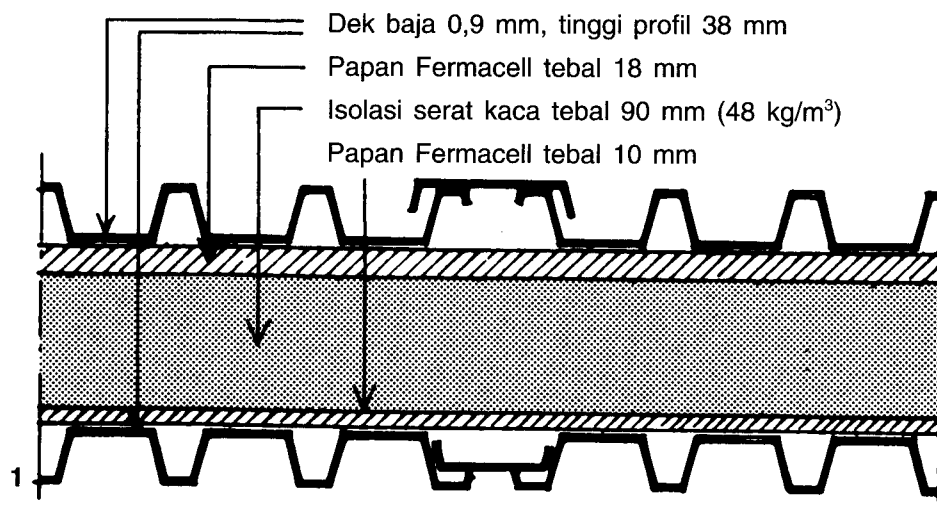
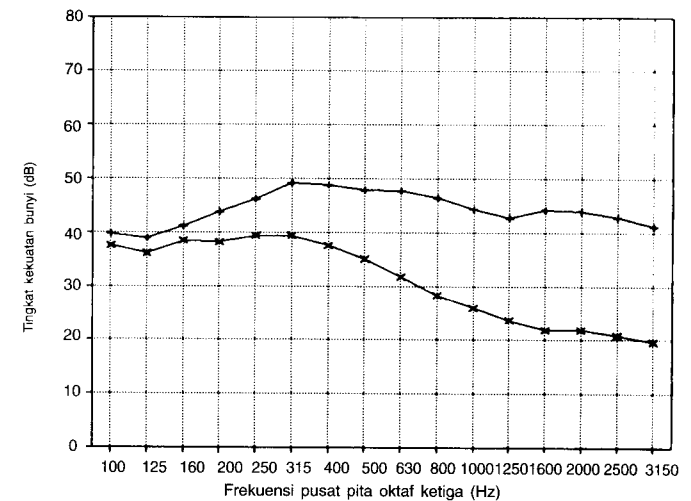
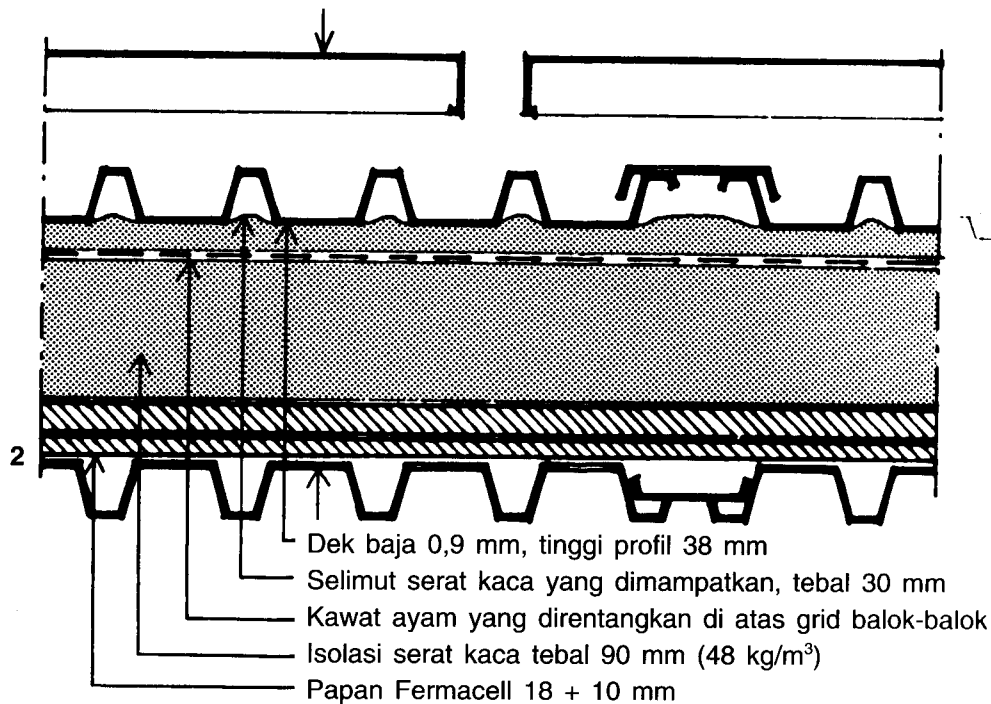
Lantai asli dan modifikasi Hushpanel

Bunyi yang merambat melalui udara

Lantai di Govanhill Glasgow, ditingkatkan dengan menambahkan dek lantai

Sumber: Glasgow College of Building

Isolasi lantai

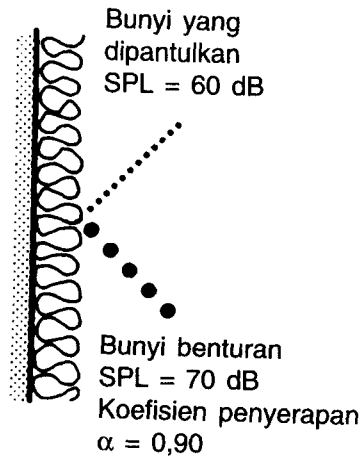
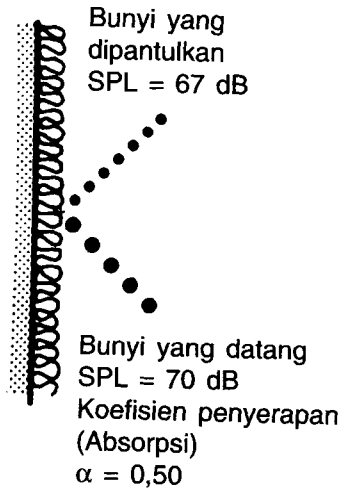
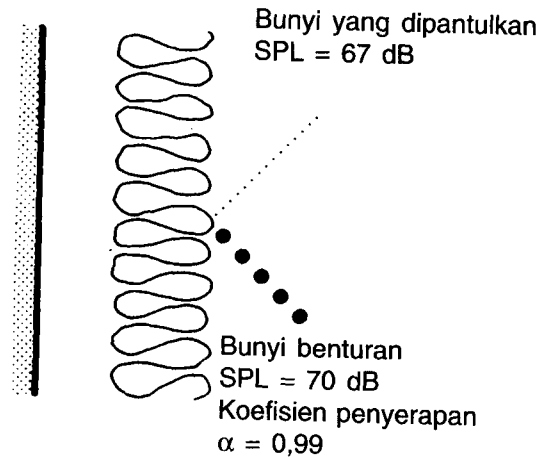
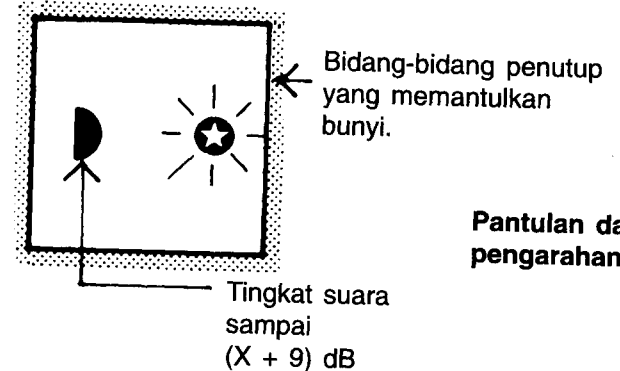
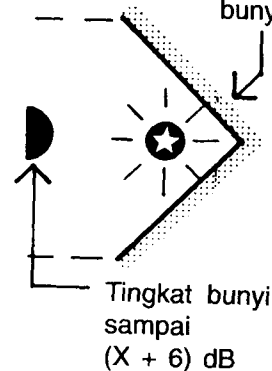
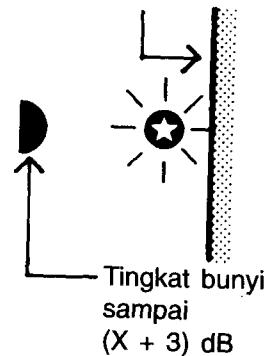
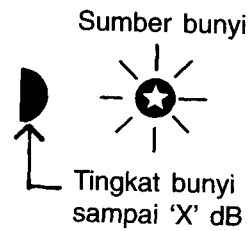
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	NC	Kunci	
39,8	39,0	41,2	43,7	46,2	49,2	48,8	47,8	47,7	46,5	44,4	42,7	44,3	44,0	42,8	41,1	dB	48	-+-	1
37,6	36,1	38,5	38,2	39,4	39,4	37,6	35,1	31,8	28,3	25,9	23,7	21,8	21,9	20,8	19,7	dB	32	-×-	2

Tegel aluminium tebal 3 mm disambung ke dek melalui neoprene tebal 2 mm.

Simulasi pengujian curah hujan

Pengujian untuk melihat suara benturan yang timbul pada ruang yang bergetar di bawah atap dan talang seperti gambar detail 1, kemudian 2, dengan adanya hujan lebat (aliran 333 mm/jam).
Luas daerah yang terkena 1 m². Volume ruangan 67 m³ luas atap 29 m².
NC adalah tingkat Kriteria Kebisingan dalam ruangan.

Sumber: Weatherwise Ltd/University of Slaford

Atap

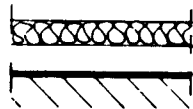
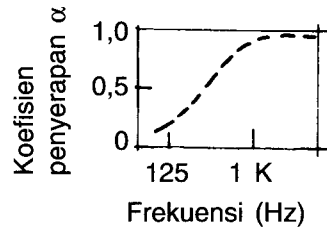
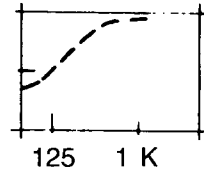
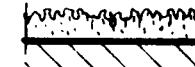
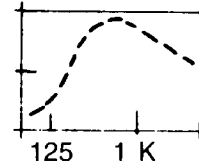
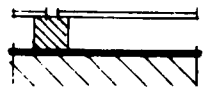
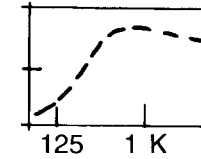
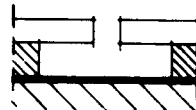
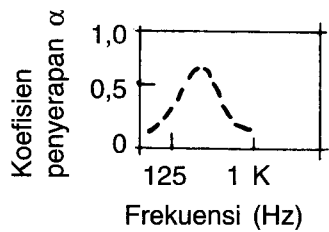
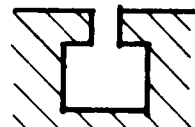
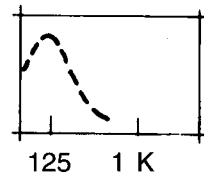
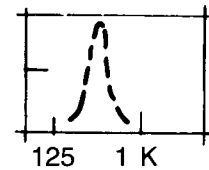
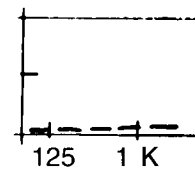
3 PENYERPAN/PEMANTULAN BUNYI

Penyerapan/Pemantulan Bunyi

Efek dari berbagai lapisan permukaan terhadap benturan bunyi.

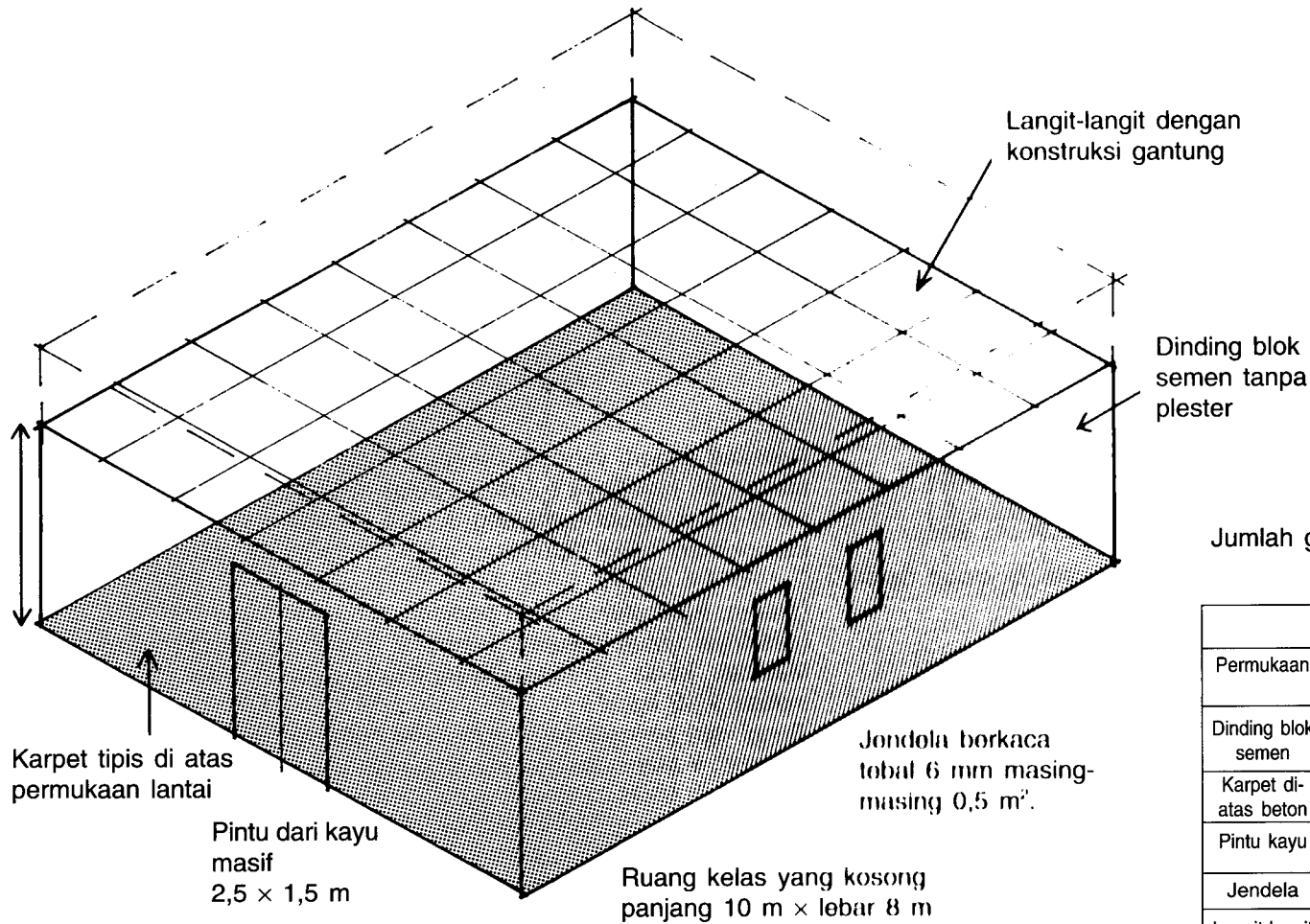
Pantulan dan pengarahannya

Penyerapan Bunyi

Faktor amplifikasi: efek ketertutupan

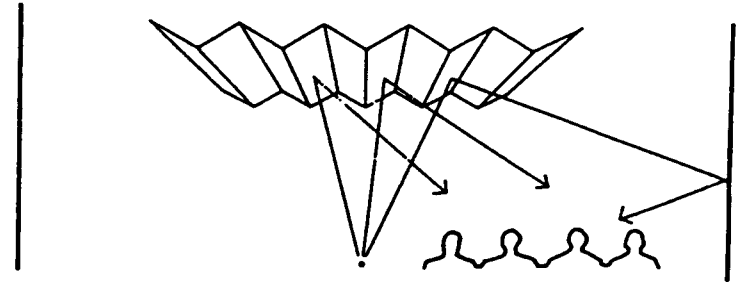
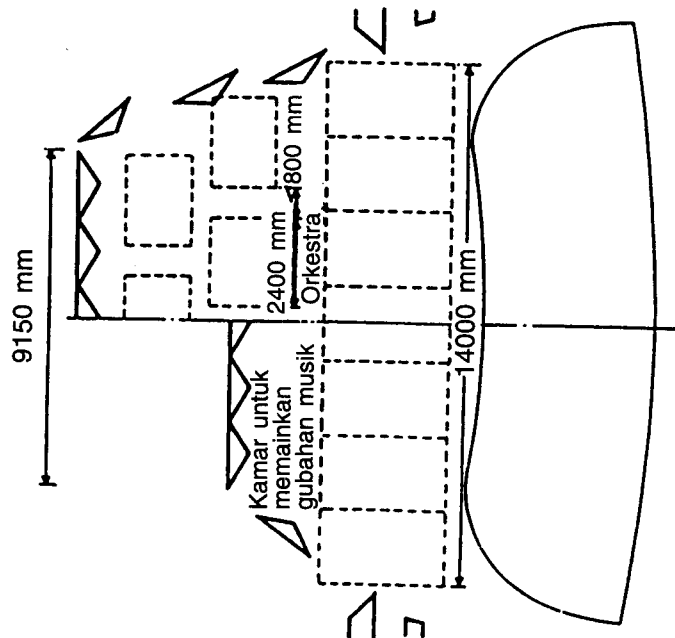
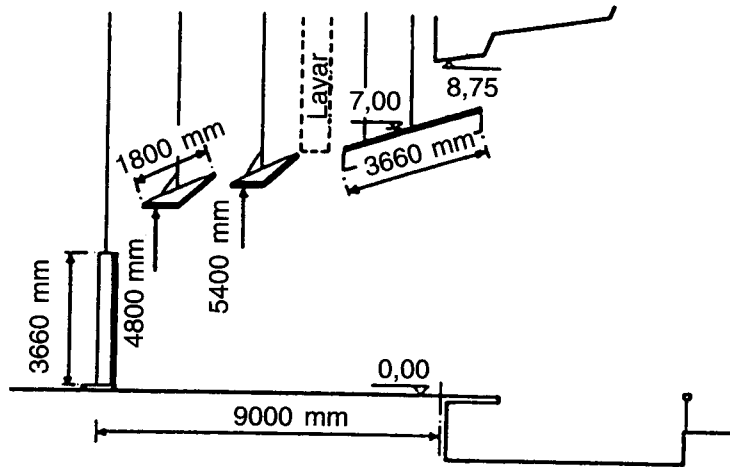
1 Berpori-pori

2 Berpori-pori dan bercelah udara.

3 Berpori-pori dan permukaannya berperforasi.

4 Tegel langit-langit dengan dasar masif

5 Membran tipis

6 Resonator

7 Rongga resonator (Helmholtz)

8 Pemantul (Reflektor)

Hasil dari berbagai material lapisan untuk dinding dan langit-langit.

Peredam suara

Contoh perhitungan jumlah getaran Angka didasarkan pada koefisien dari Tabel 6.3 pada halaman 194.

Jumlah getaran dihitung sebagai berikut:

Peredaman $A = S \times \alpha$ m²

		Frekuensi tengah band oktaf (Hz)					
Permukaan	Area (m²)	125	250	200	1000	2000	4000
Dinding blok semen	103,25	5,16	5,16	5,16	8,26	16,46	20,65
Karpet di-atas beton	80,00	2,40	7,20	16,00	43,20	56,00	57,60
Pintu kayu	3,75	0,53	0,38	0,23	0,30	0,38	0,38
Jendela	1,00	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Langit-langit	80	16,00	12,00	8,00	4,00	4,00	4,00
Jumlah A		24,19	24,80	29,43	55,79	76,86	82,65
Jumlah getaran $T = \frac{0,161V}{A} =$ (Rumus Sabine)		1,6	1,6	1,3	0,7	0,5	0,5

Pemantul (Reflektor) Bunyi

Reflektor seperti yang dipasang di Teater Hang Zhou, Beijing, untuk mencegah hilangnya suara gubahan musik ke arah atas. Deretan panel-panel dibuat melayang di atas penonton, dan dapat disingkirkan ketika diperlukan untuk acara-acara drama.

Ukuran: Agar efektif, lebih panjang dari gelombang bunyinya (misalnya: untuk frekuensi-frekuensi rendah) > 0,5 m² per elemen.
Material: keras , misalnya kayu, plexiglas atau metal, massa > 10 kg/m².
Tinggi dari panggung: 7-10 m pada ruang konser yang lengkap.
Maksud:
- ¥ Meningkatkan keseimbangan di antara anggota-anggota orkes.
- ¥ Memperkuat sumber bunyi yang lemah
- ¥ Menghalangi timbulnya echo atau bunyi yang datang sangat terlambat
- ¥ Menambah penyebaran bunyi
- ¥ Meningkatkan kekuatan dan kejelasan untuk bangku-bangku deretan belakang.

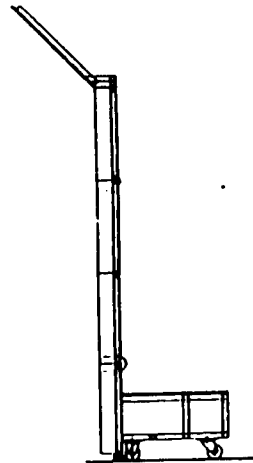
Sumber: J. Han/Applied Acoustics

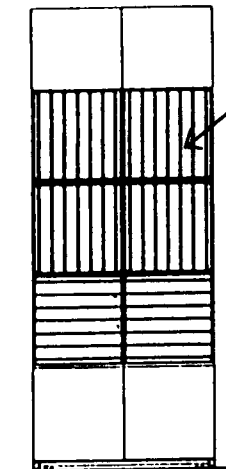
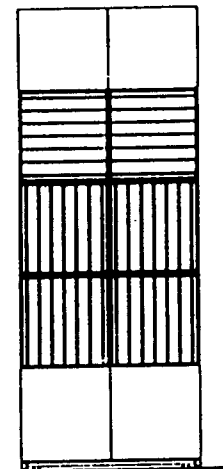
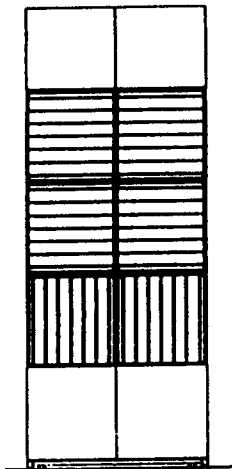
Pemantul bunyi yang berada di atas kepala

Jika pemain musik harus bermain di panggung terbuka, deretan panel-panel di kedua sisinya membantu menimbulkan bentuk lonceng yang memang dikehendaki (dinding tepi kira-kira bersudut 18° pada gambar denah dan dibuat maket). Panel bagian atas yang agak dimiringkan sangat penting karena sudut pantulan melintang kurang berpengaruh dengan membelokkan benturan yang melewati para pemain musik. Para pemain musik memperoleh manfaat karena mudah dalam mempertahankan aransemen musiknya, dan para pendengar menerima suara yang utuh, seimbang dengan energi lateral yang kuat.

Beberapa material tempelan yang dapat dipindah-pindah dipamerkan lengkap dengan modul-modul yang bersifat menyebarkan bunyi.

Orkestra sambil duduk

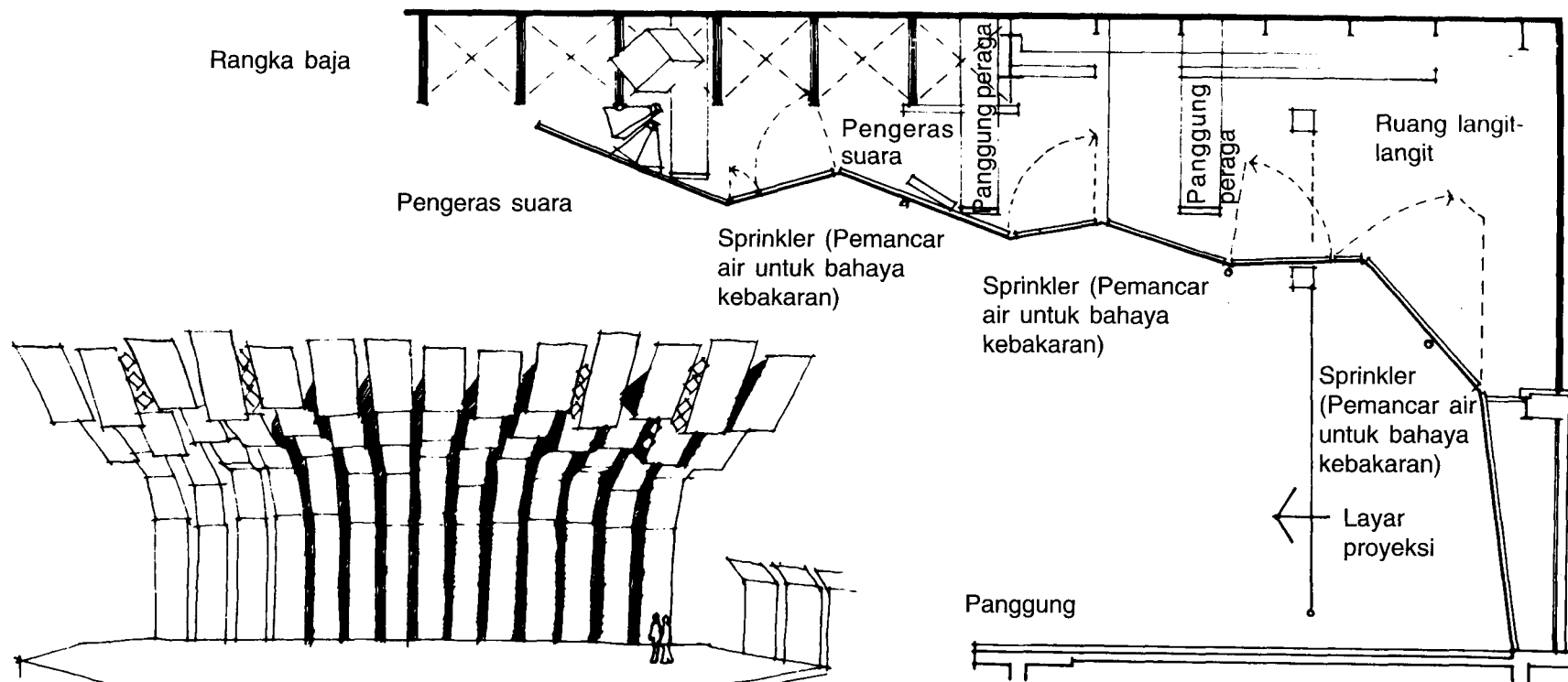
Paduan suara sambil berdiri

Potongan

Paduan suara di atas panggung

Tampak 1:50

Rindel menyarankan, agar bermanfaat, kelebihan panjang gelombang bunyi harus $a_1 + a_2 + a_0 < 27$ m di mana a_0 = gelombang bunyi langsung antara sumber bunyi dan pendengarnya, a_1 dan a_2 adalah gelombang benturan dan pantulan bunyinya.

Sumber: RPG Europe Ltd

Panel pemantul suara

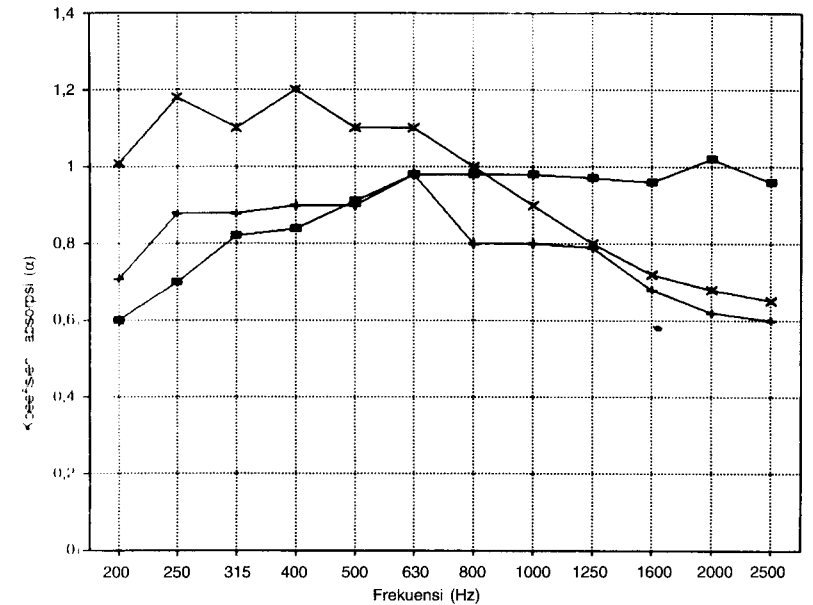
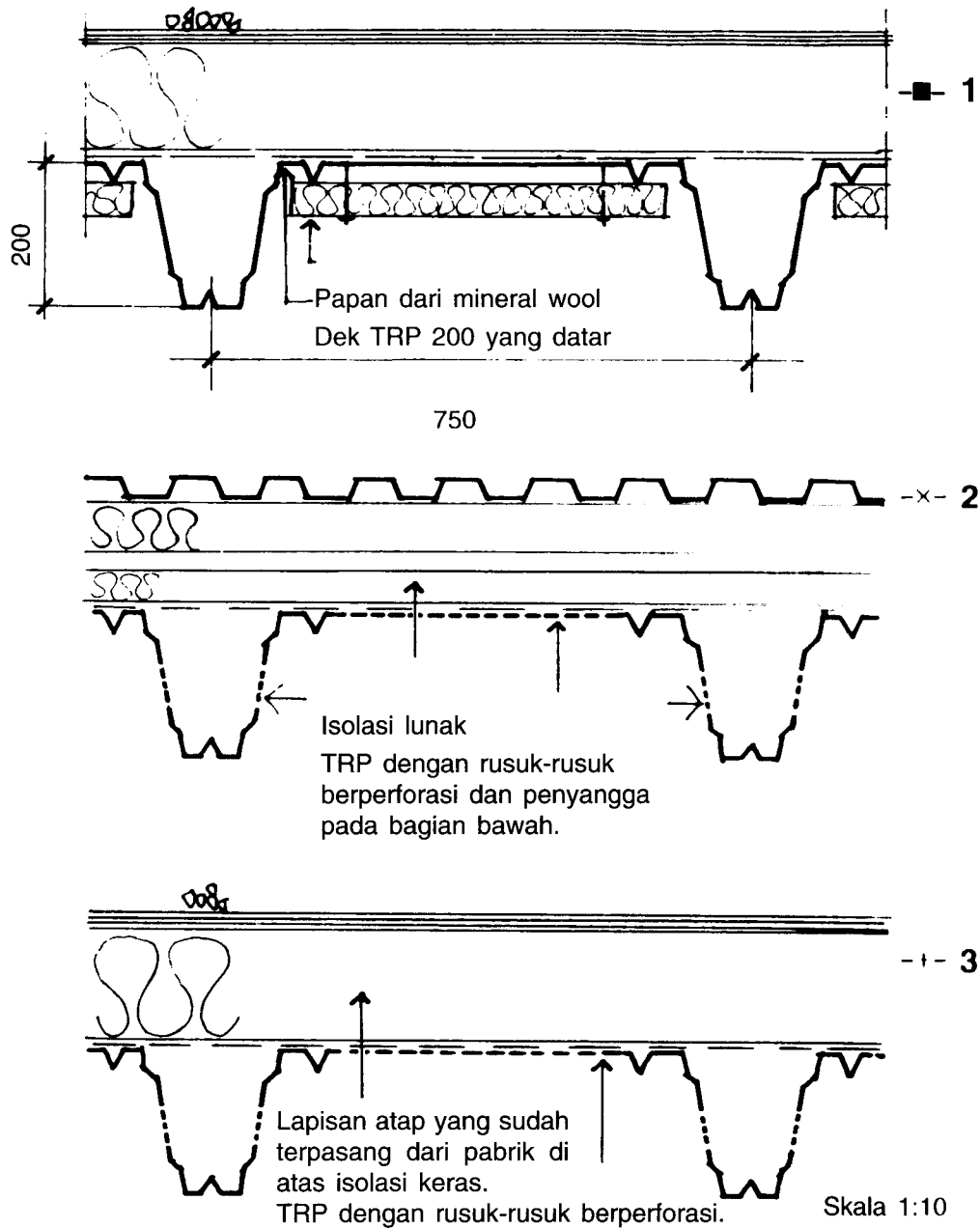
Gambar potongan detail

Pandangan dari arah penonton

Potongan

Panel-panel yang dapat diatur posisinya, dirangkai bersama sebagai bidang berengsel yang dimasukkan dalam renovasi auditorium, kapasitas 2250 tempat duduk, garis tengah 58 m berbentuk lengkung untuk musik orkestra, gedung bioskop, ruang kuliah, acara-acara kemasyarakatan dan kuliah. Akustik di dalam ruang tersebut pada awalnya tidak baik, tetapi para pengamat sekarang berkomentar bahwa tidak terdapat tempat-tempat yang mati di bagian auditorium dan para pemain musik melaporkan terdengarnya suara yang sempurna dari alat-alat musik yang lain. Panel-panel terbuat dari papan pemantul gips dengan rangka baja.

Sumber: Architecs:
Mitcel/Giurgola
New York

Kanopi di atas panggung

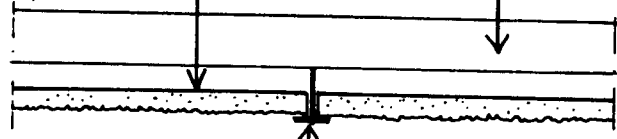
Langit-langit

200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	Hz	Kunci	
0,6	0,7	0,82	0,84	0,91	0,98	0,98	0,98	0,97	0,96	1,02	0,96	α	-■-	1
1,01	1,18	1,1	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,72	0,68	0,65	α	-×-	2
0,71	0,88	0,88	0,9	0,9	0,89	0,8	0,8	0,79	0,68	0,62	0,6	α	-+-	3

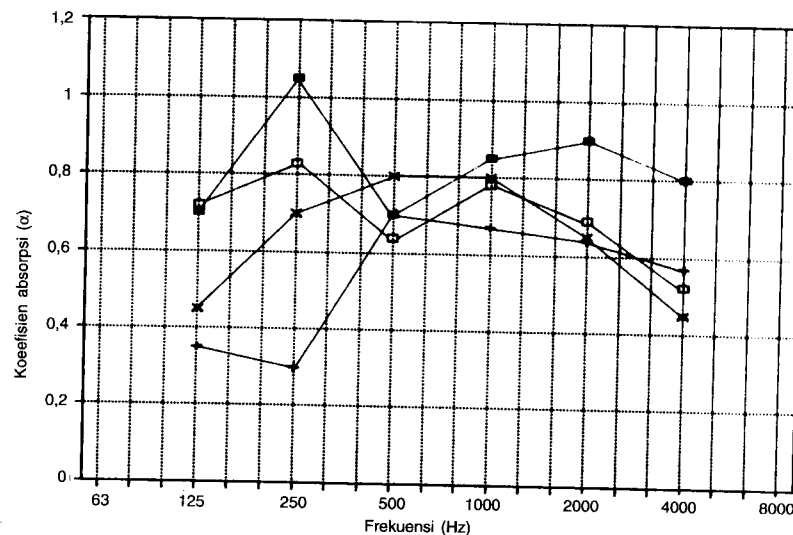
Dek baja struktural

Dek baja dapat menjadi masalah jika bagian dalamnya terbuka terhadap kegiatan industri atau bahkan bangunan kantor. Atap jenis ini mempunyai rusuk-rusuk yang tinggi yang menyebarkan pantulan bunyi pada frekuensi-frekuensi yang lebih tinggi (pidato-pidato), dan perforasi yang proporsinya tepat pada bagian dek tidak akan mengganggu kekuatan bunyi yang ada.

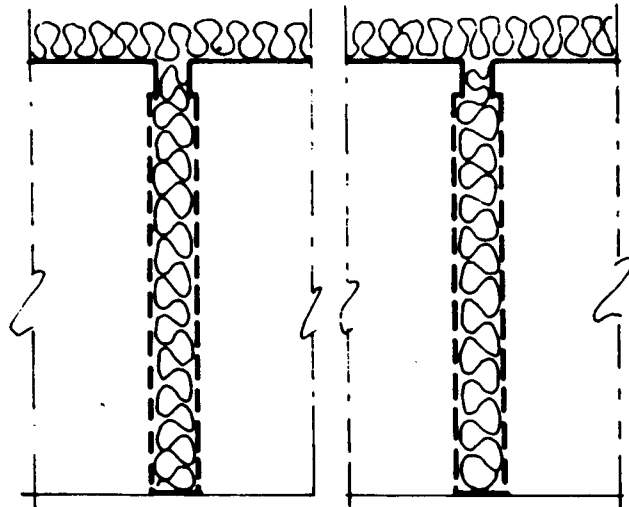
Dalam mempelajari dek baja berperforasi, lihat ketebalan baja dan ketebalan membran yang terletak tepat di atas perforasi, keduanya dapat mempengaruhi α. 17% dari dek Plannja yang terbuka.

Sumber: Plannja

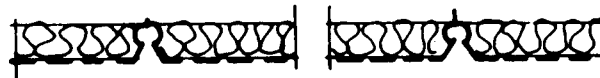
Atap

Plester gips 'Echostop' 600 × 600 mm tegel komposit bertulang serat kaca, 17 kg/m², (43,2 dB ruang ke ruang untuk 'dB' dari versi tegel yang bagian belakang dasarnya berlapis plasterboard).

125	250	500	1000	2000	4000	Kunci	
0,35	0,30	0,70	0,67	0,64	0,57	–+–	1
0,45	0,70	0,80	0,80	0,65	0,45	–×–	4
0,70	1,05	0,70	0,85	0,90	0,80	–■–	3
0,72	0,83	0,64	0,78	0,69	0,52	–□–	3

Sumber: TAP Ceilings Ltd

Langit-langit

Rongga langit-langit 370 mm

Aluminium berperforasi Dampa yang bersifat tidak menerus dengan modul 600 × 600 mm, celah 25 mm diisi mineral wool dengan bungkus *polythene foil.* Perforasi 22%.

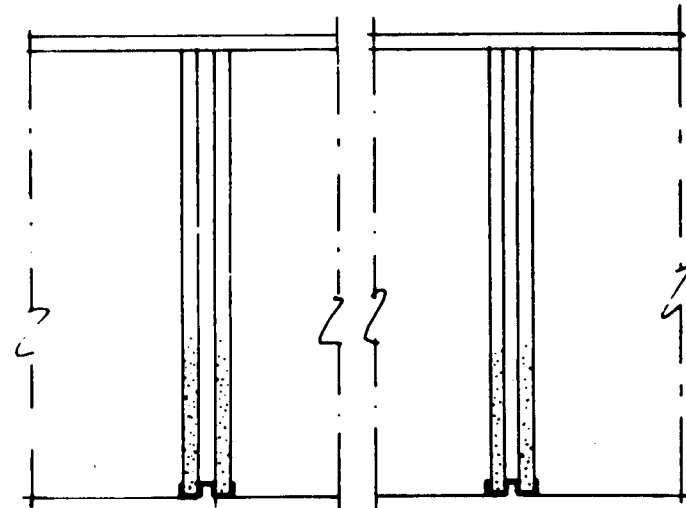
0,22 0,27 0,61 0,71 0,71 0,80

Rongga langit-langit

Tatakan berperforasi Dampa dengan dasar mineral wool 25 mm di atas *polythene foil.*
Modul berukuran 600 × 600 mm dari aluminium atau baja.

0,68 0,66 0,57 0,58 0,52 0,62

Angka-angka penyerapan berhubungan dengan frekuensi gelombang oktaf (Hz).

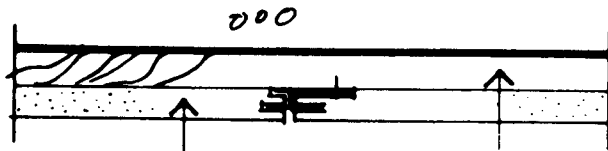
125 250 500 1 k 2 k 4 k

Rongga langit-langit 125 mm

Panel serat mineral Armstrong yang dibelah sama besar tebal 15 mm.

0,10 0,30 0,55 1,35 1,15 0,90

Rongga langit-langit

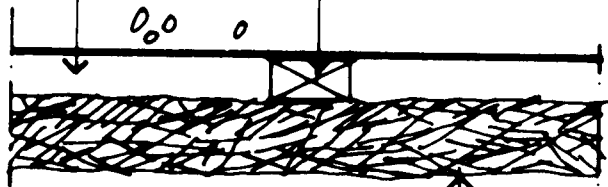
Panel-panel metal Roclaine berperforasi 5% dengan serat kaca tebal 20 mm dihadapkan ke arah lembaran serat ijuk.

0,13 0,27 0,55 0,79 0,90 1,00

Bahan sebagai penutup panel peredam lebar 600 mm. Panel-panel papan mineral wool berperforasi tebal 19 mm dari Armstrong.

Rangka 50 × 25 mm di atas dinding bata/ tembok.

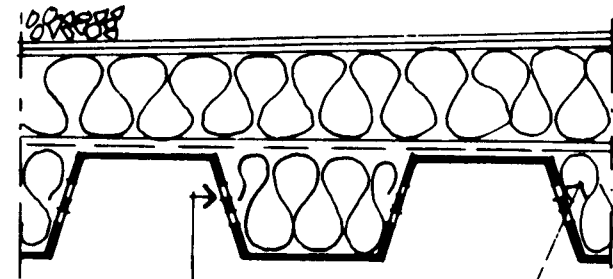
0,22 0,58 0,56 0,72 0,76 0,81

Rangka ukuran 50 × 25 mm

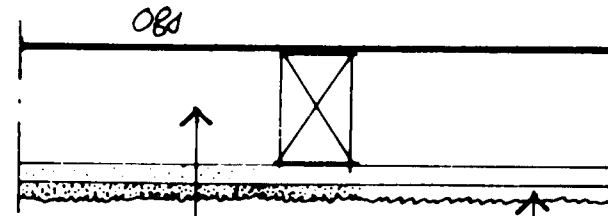
Celah udara 25 mm

Slab dari serat kayu/semen (diberi adukan perata Woodcemaire)

0,30 0,40 0,50 0,85 0,50 0,65

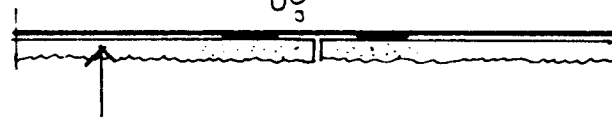
0,15 0,20 0,55 0,75 0,65 0,85 (tanpa celah udara)

Angka-angka penyerapan berkaitan dengan frekuensi gelombang oktaf (Hz):
125 250 500 1 k 2 k 4 k

Dek berprofil Plannja dan perforasi tebal 5 mm yang bagian bawahnya dibiarkan terlihat.

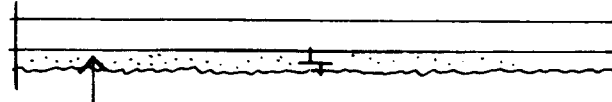
Pengisi dari mineral wool
Catatan: Perforasi berarti bahwa kemampuan isolasi suara atap telah berkurang.

0,20 0,50 0,80 0,85 0,60 0,50

Celah udara 75 mm
Plester akustik 13 mm (aplikasi dengan disemprot mis. Audex) di atas dasar papan plester 13 mm.

0,30 0,35 0,55 0,70 0,85 0,95

Soffit masif

Tegel langit-langit Komfort tebal 15 mm dengan banyak guratan dilekatkan langsung ke soffit

0,09 0,30 0,82 0,95 0,76 0,61

Rongga 300 mm

Tegel langit-langit Gyptone tebal 15 mm dengan guratan banyak yang ditutup plester. Sistem penggantung menggunakan metal.

0,30 0,35 0,40 0,55 0,80 0,70

Angka-angka peredaman berkaitan dengan frekuensi gelombang oktaf (Hz):

125 250 500 1 k 2 k 4 k

Rongga langit-langit 200 mm

Tegel langit-langit yang digantung dari serat kaca ringan yang dihampar dengan ketebalan 25 mm. Lembaran pelapis warna putih pada bagian bawah sebagai penyelesaiannya. (Jenis Roclaine Diapaison P)

0,33 0,84 0,84 0,88 0,89 0,92

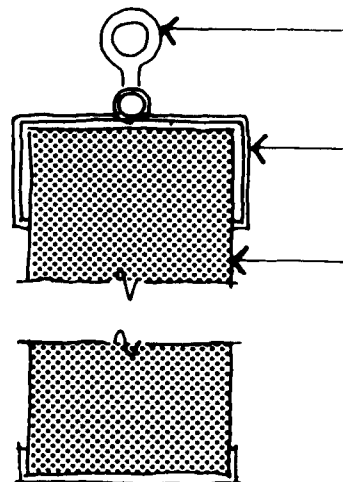
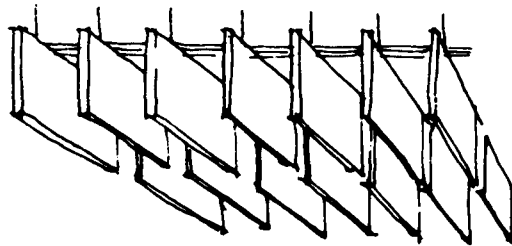
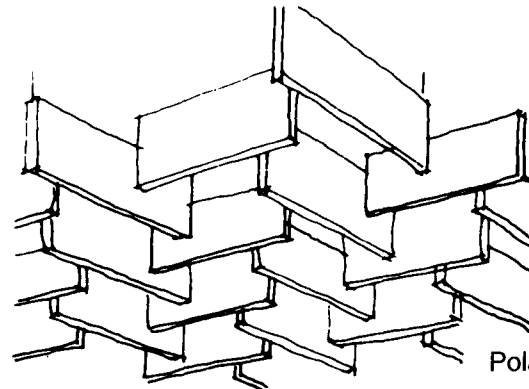
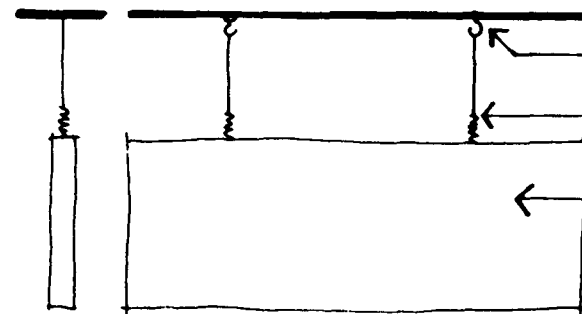
Tegel serat kaca tebal 40 mm pada bentang 400 mm

0,70 0,75 0,65 0,75 0,60 0,35

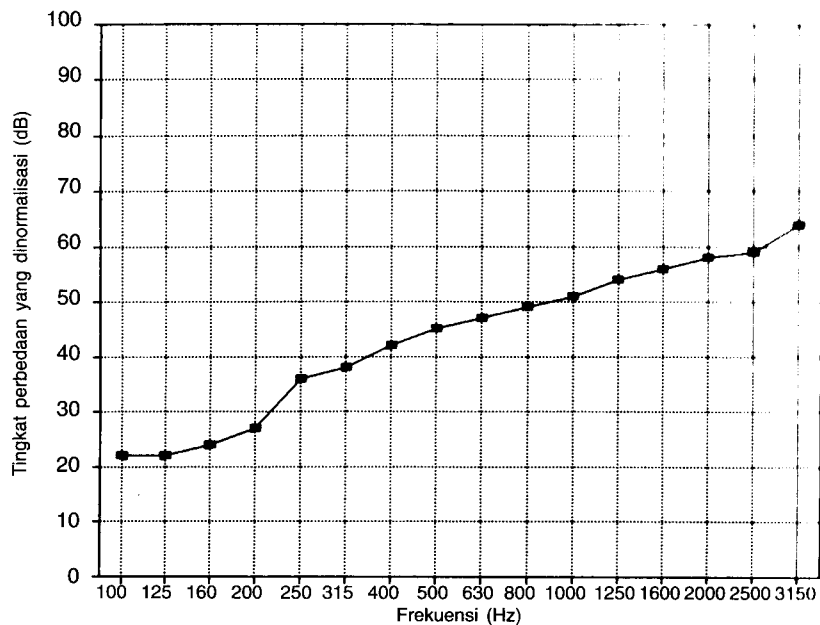
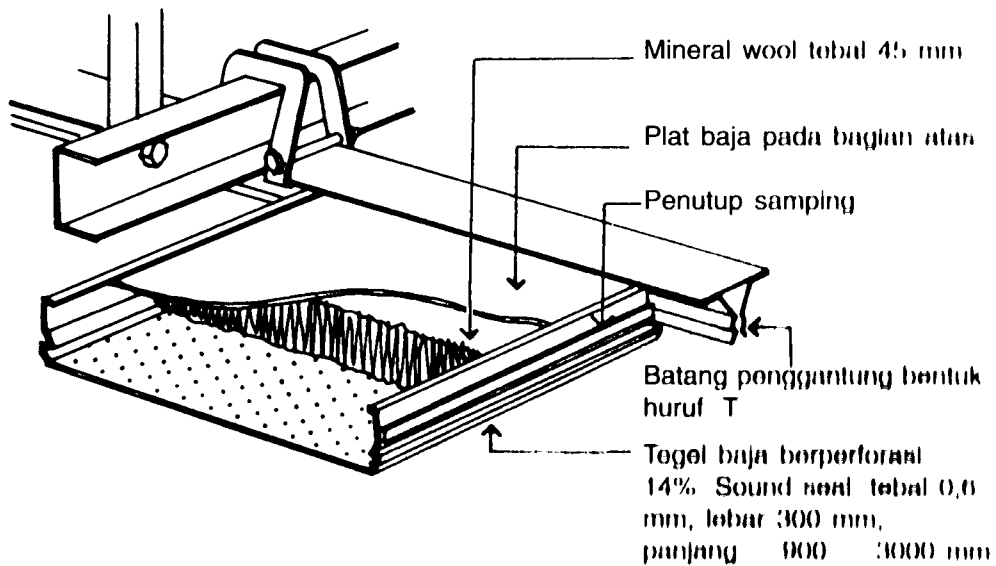
Rongga langit-langit 300 mm

Tegel serat mineral yang dibakar dalam tungku, Armstrong Ceramguard dengan bentuk akhir berupa garis-garis belahan.
(Digunakan untuk situasi-situasi yang lembab atau mudah berkarat misalnya: kolam renang).

0,25 0,25 0,45 0,70 0,80 1,10

0,28 0,58 0,96 0,91 0,86 0,81
(Satu unit per meter persegi)

0,34 0,59 0,91 0,92 0,93 0,81
(Satu unit per meter persegi)

Pengendalian akustik dengan bentuk semacam ini berguna untuk bangunan-bangunan industri, bengkel-bengkel, hanggar-hanggar pesawat terbang, yang hanya sedikit memiliki material yang bersifat meredam suara.

Sumber: Rockwool Ltd

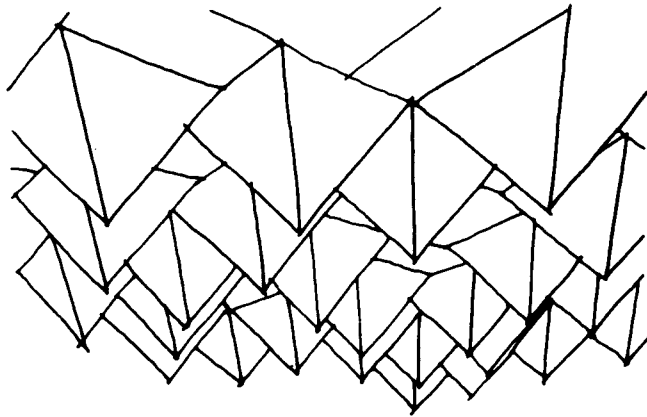
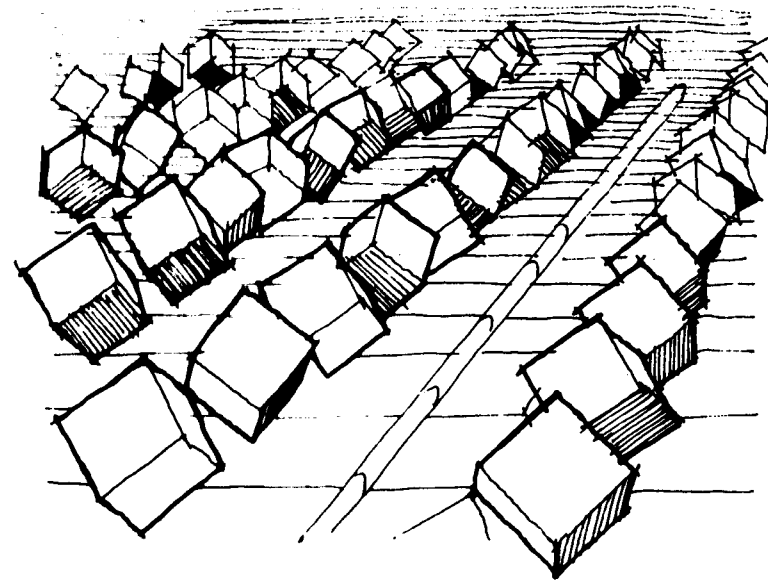
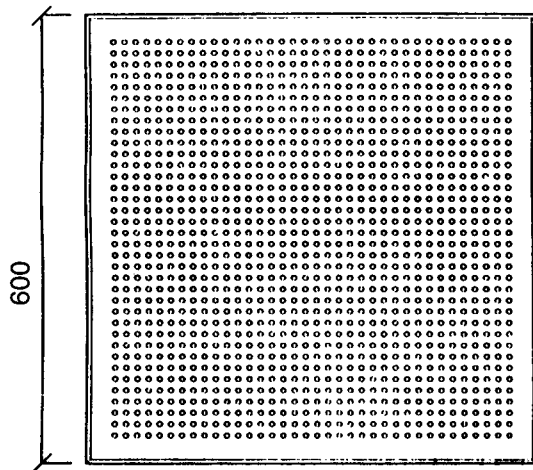
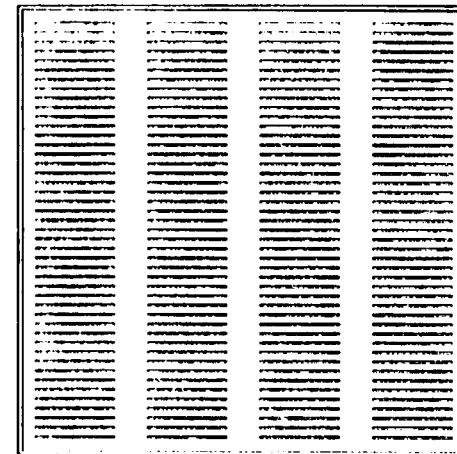
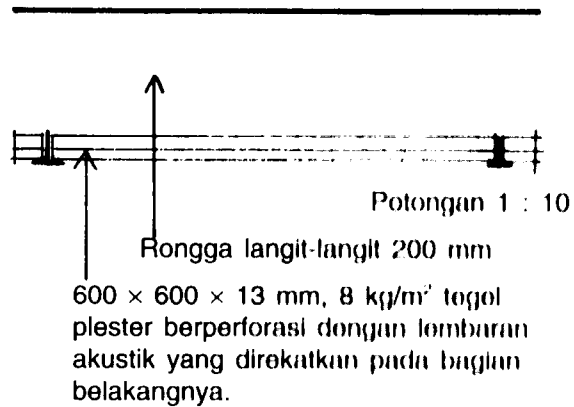
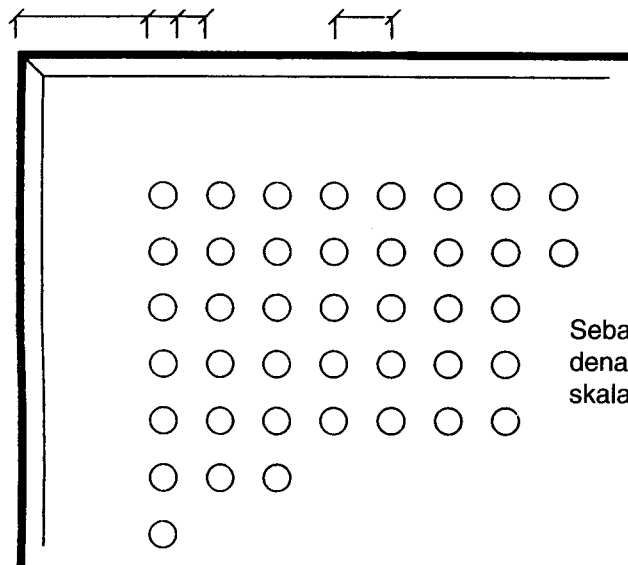
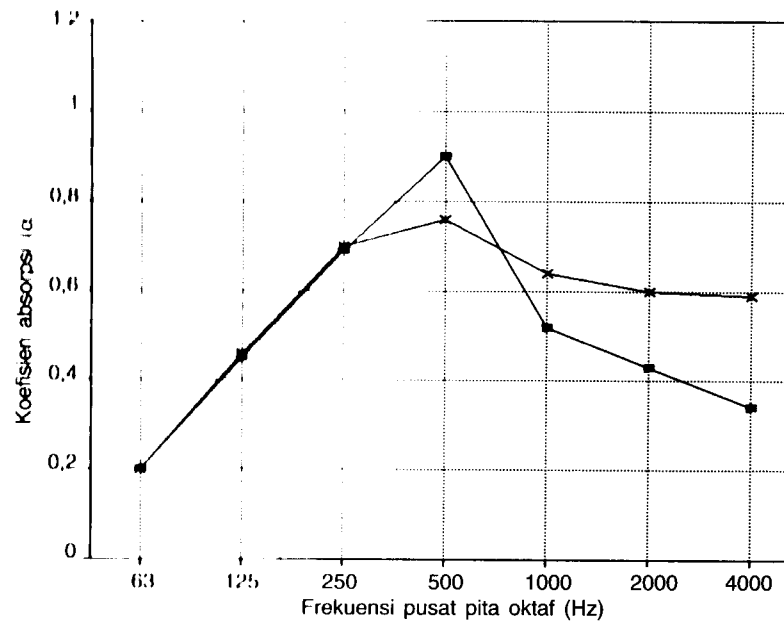
Penyerap bunyi dari atas

125	250	(400)	500	1000	2000	4000	Hz
0,56	0,74	1,16	1,12	1,10	0,9	0,9	α

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz
22	22	24	27	36	38	42	45	47	49	51	54	56	58	59	64	dB

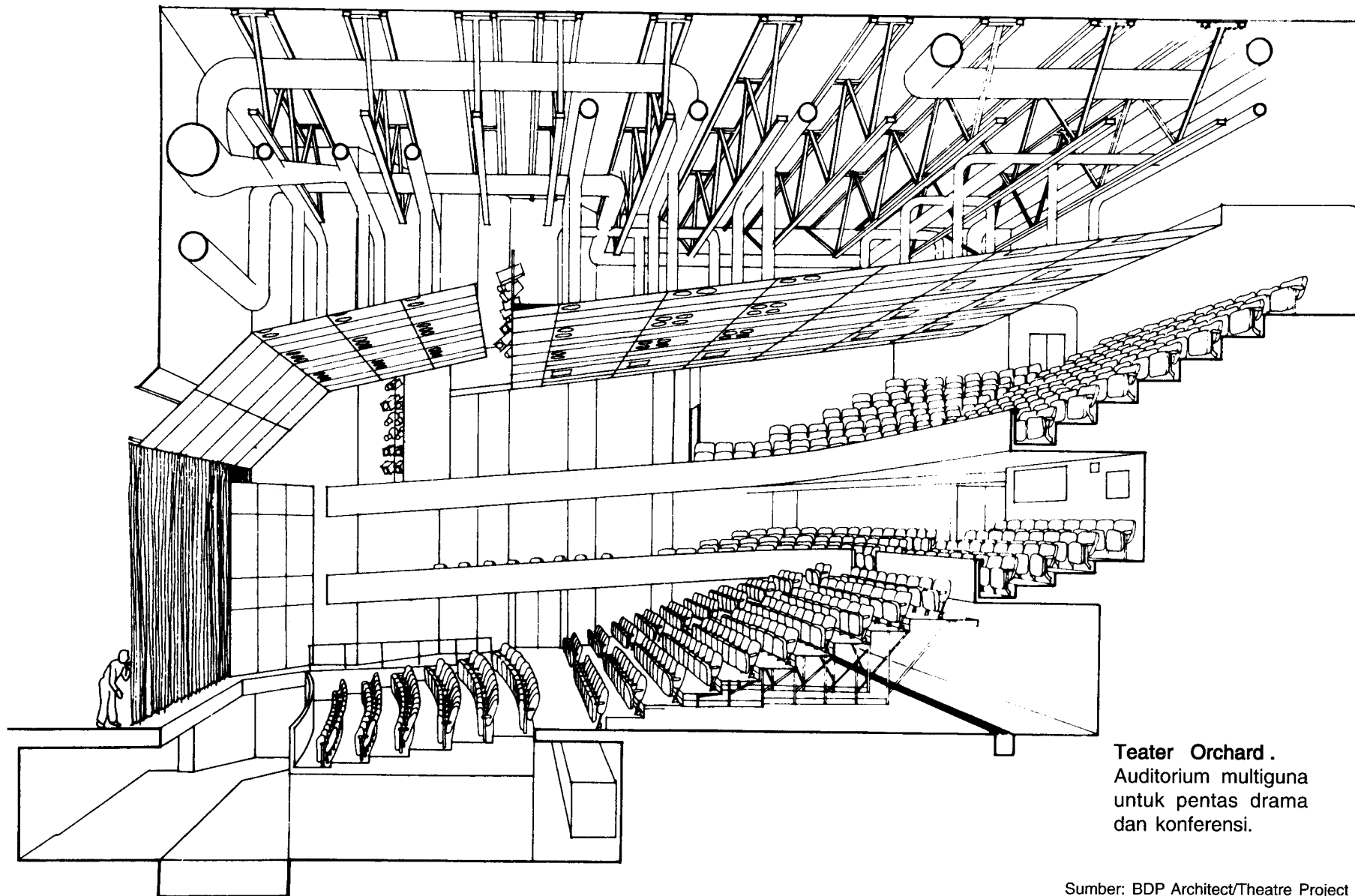
Tegel metal

Plat metal pada bagian atas tegel menjamin isolasi bunyi menjadi bagus, yang biasanya menjadi kelemahan langit-langit akustik penyerap bunyi. Berat: 14,5 kg/m². Tingkat perbedaan kekuatan bunyi kamar ke kamar yang dianggap normal rata-rata 40 dB (BS 2750).

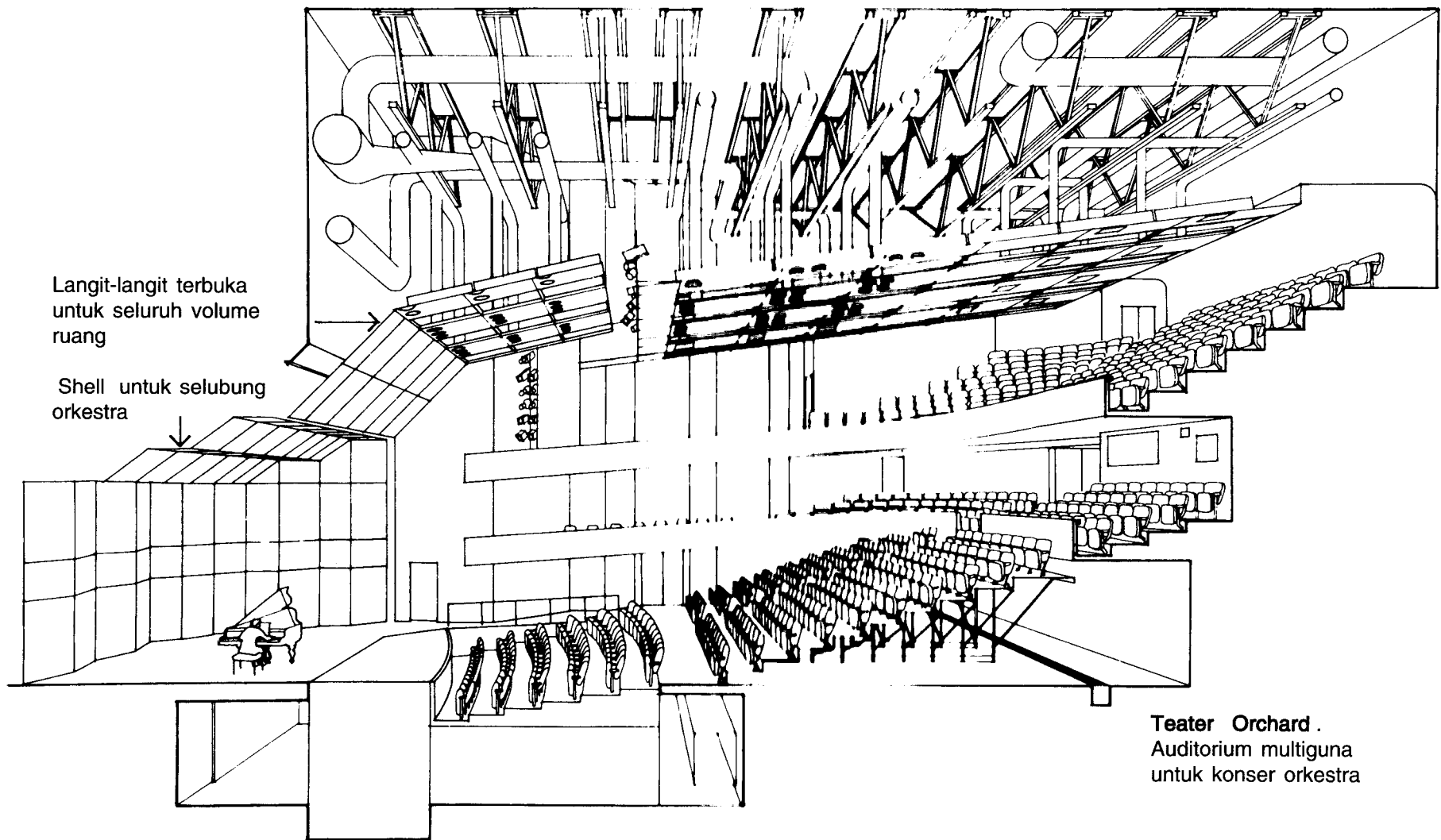
Sumber: Burgess Steel Ceilings

Langit-langit

Unit langit-langit dari metal yang khusus berukuran 600 × 600 × tebal 0,6 mm berbentuk piramid, menjadi langit-langit yang menyebarkan bunyi.

Penyerap bunyi bentuk khusus di pabrik Porsche, Stuttgart.

63	125	250	500	1000	2000	4000	Hz	Kunci	
0,20	0,45	0,69	0,9	0,52	0,43	0,34	α	-■-	12% berperforasi
0,20	0,46	0,70	0,76	0,64	0,60	0,59	α	–×–	15% bercelah

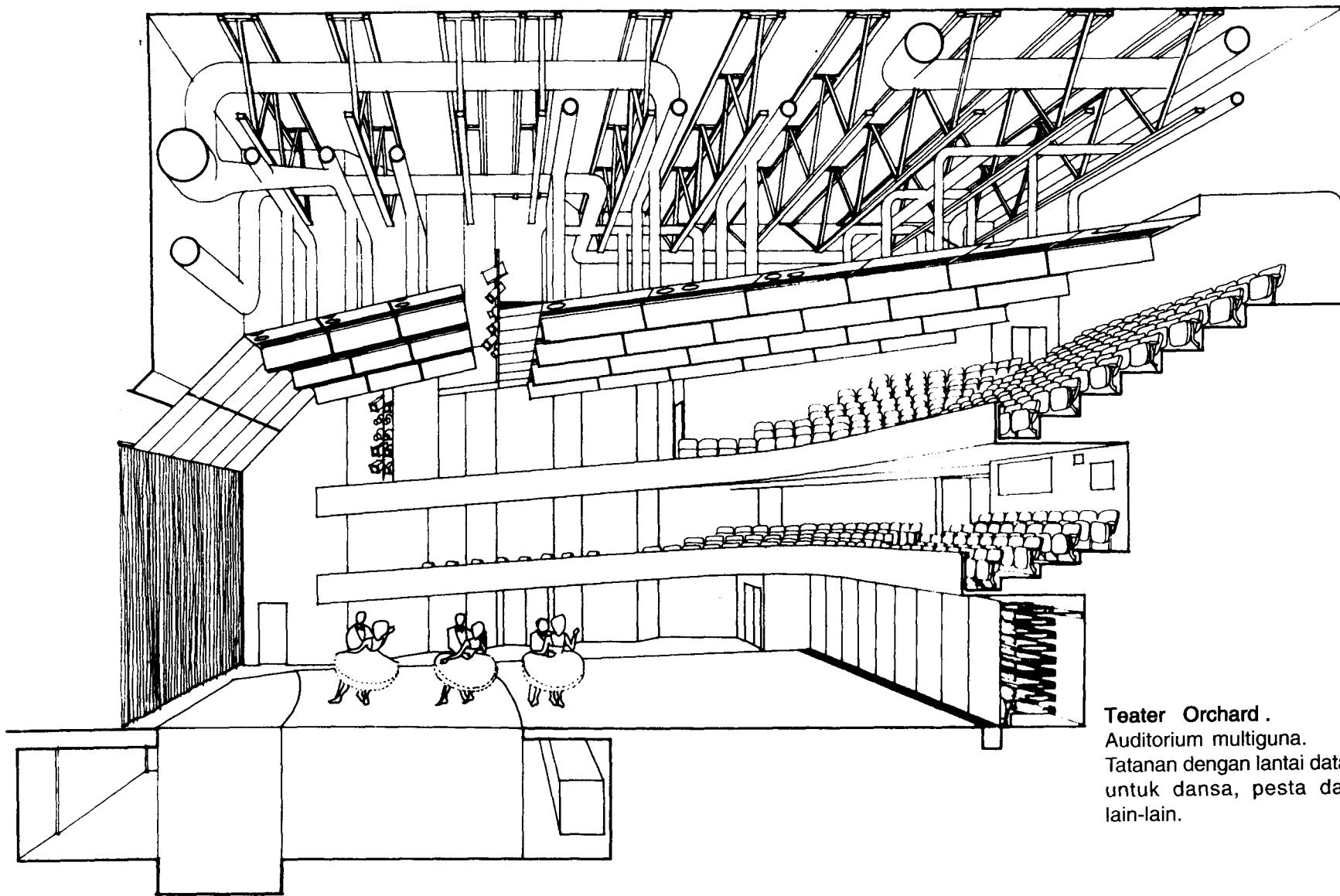
Sumber: Gyproc, Sweden

Langit-langit

Teater Orchard. Auditorium multiguna untuk pentas drama dan konferensi.

Sumber: BDP Architect/Theatre Project

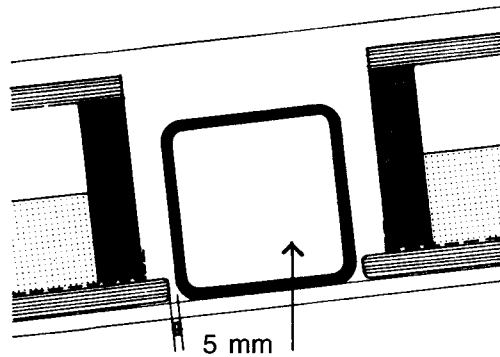
Langit-langit yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan

Teater Orchard.
Auditorium multiguna
untuk konser orkestra

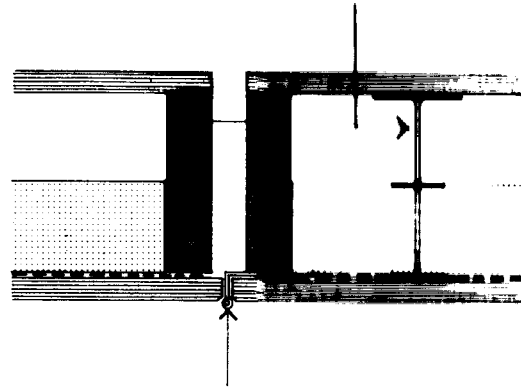
Sumber: BDP Architect/Theatre Project

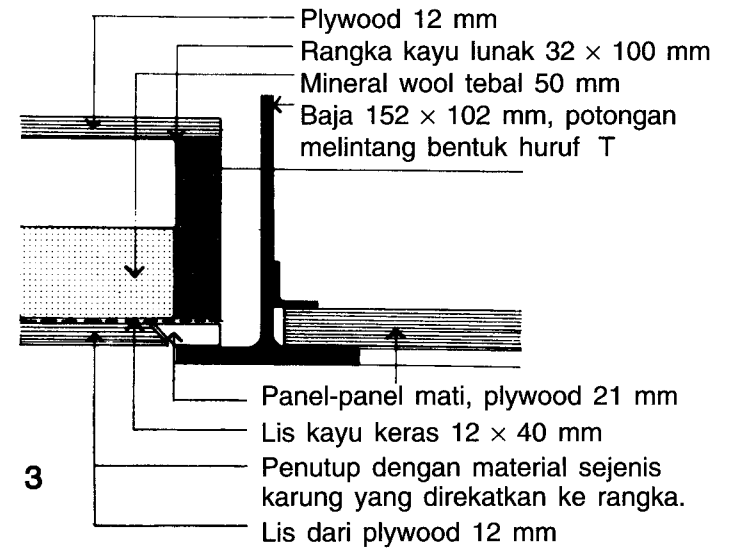
Langit-langit yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan

Teater Orchard.
Auditorium multiguna.
Tatanan dengan lantai datar untuk dansa, pesta dan lain-lain.

Sumber: BDP Architect/Theatre Project

Langit-langit yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan

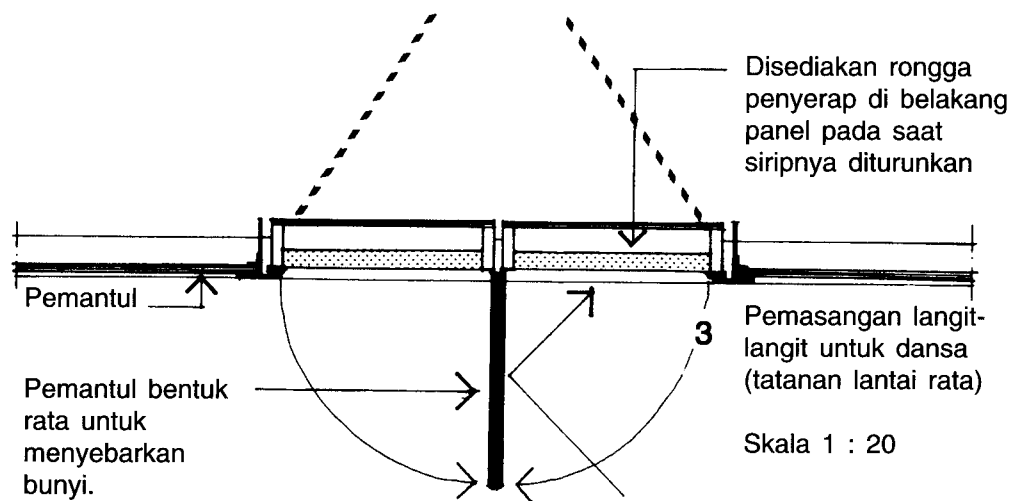
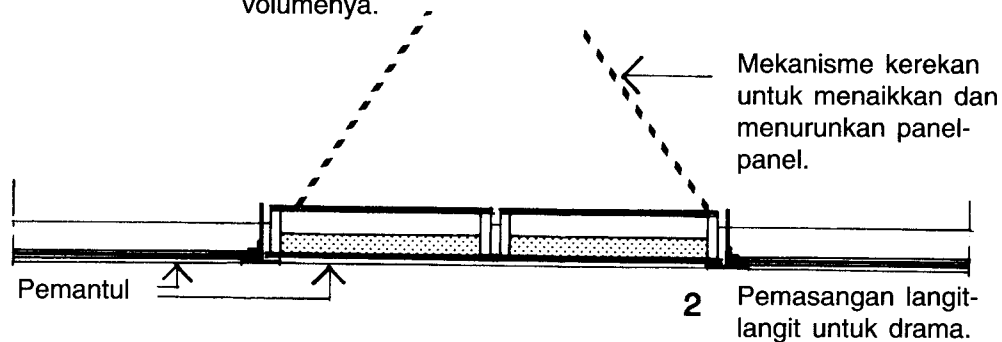
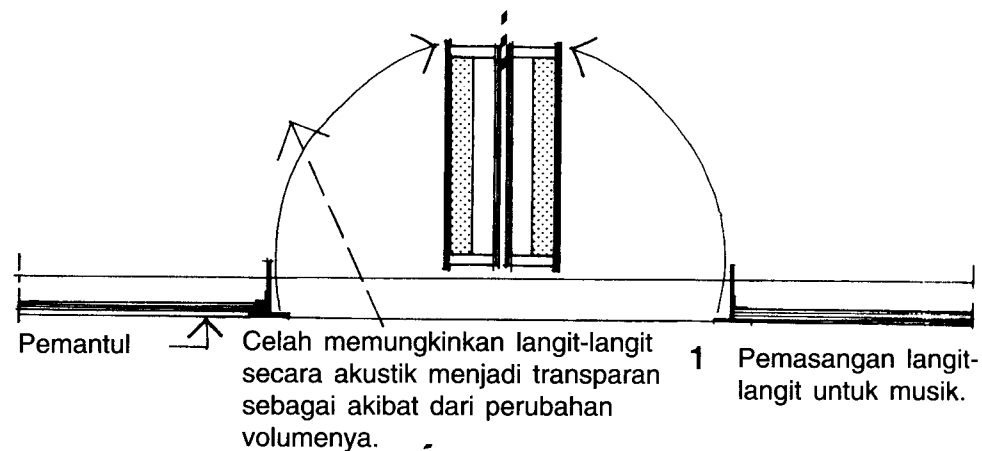
RHS dan potongan bentuk T tergantung dari rangka atap utama.

1 100 × 100 mm RHS di antara panel-panel yang dapat diatur letaknya.

Penggantung isolasi Klonden dengan ring pengunci otomatis pada kedua sisi mineral wool.

2 Lis penutup yang menempel pada rangka dengan engsel engsel putar yang dapat bergerak untuk meminimalkan celah.

3

Piranti untuk menyesuaikan tata letak dan akustik: lantai datar untuk dansa, dan pameran.

Teater Orchard
Auditorium multiguna, detail potongan langit-langitnya.

Sumber: BDP Architect/Theatre Project

Langit-langit yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan

Waktu pantulan (RT) yang direncanakan pada studi-studi model adalah 1,50 detik untuk frekuensi tengah musik, 1,30 detik untuk lantai datar dan 1,00 detik untuk drama.

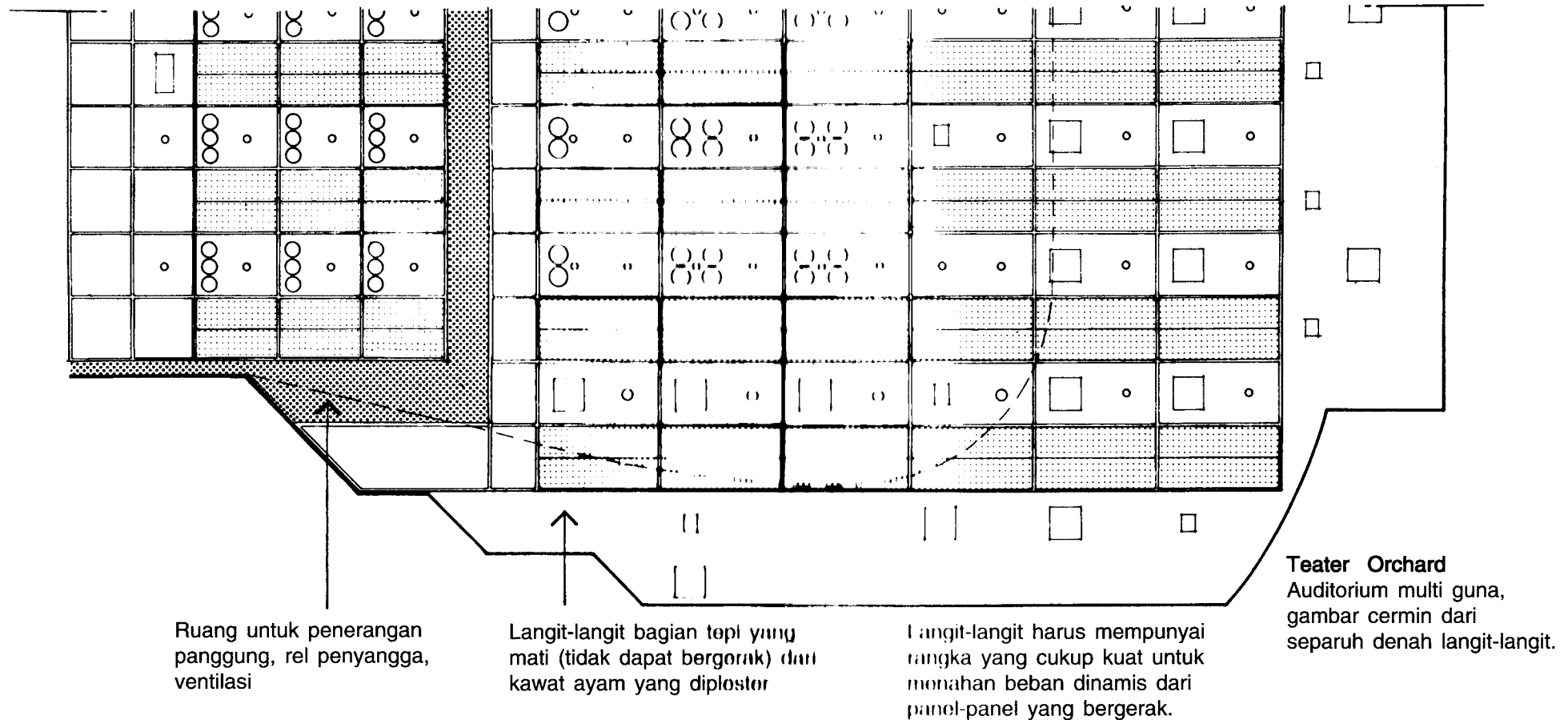
Refleksi awal yang berada di atas ketinggian manusia (di bawah 50 m) bermanfaat untuk memperkuat kerasnya suara dan kejelasan percakapan. Membran penyerap frekuensi rendah dipasang di salah satu tempat untuk mencegah getaran yang menutupi suara percakapan yang berfrekuensi tinggi.

Penyerapan dan penyebaran mengurangi kemungkinan memindah-mindahkan tempat duduk di bawahnya

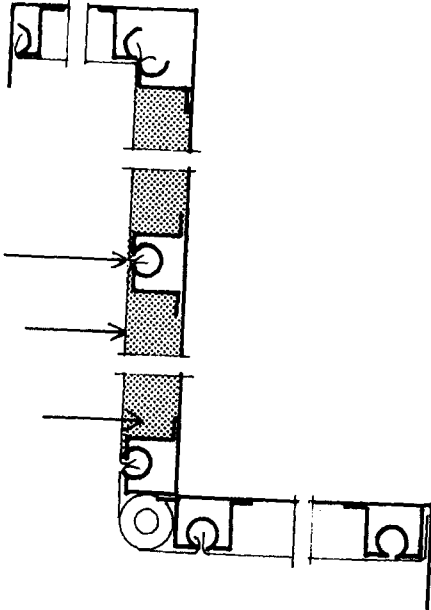
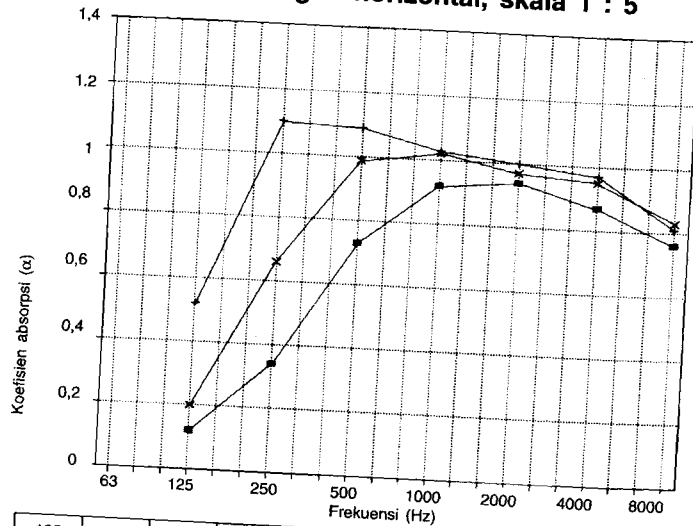
Teater Orchard
Auditorium multiguna, langit-langitnya dapat diubah-ubah.

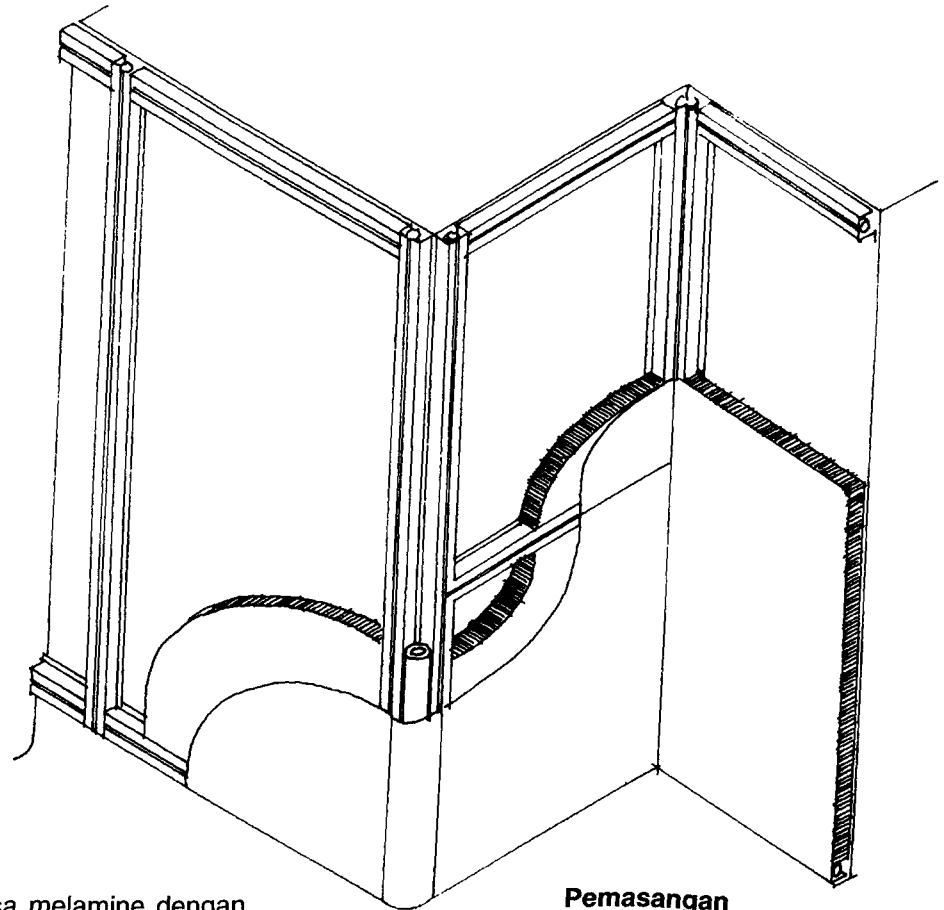
Sumber: BDP Architect/Theatre Project

Langit-langit yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan

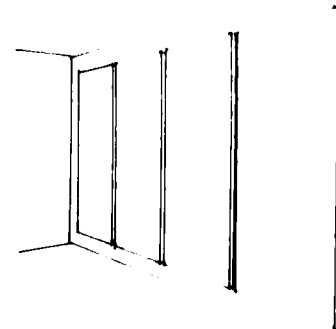
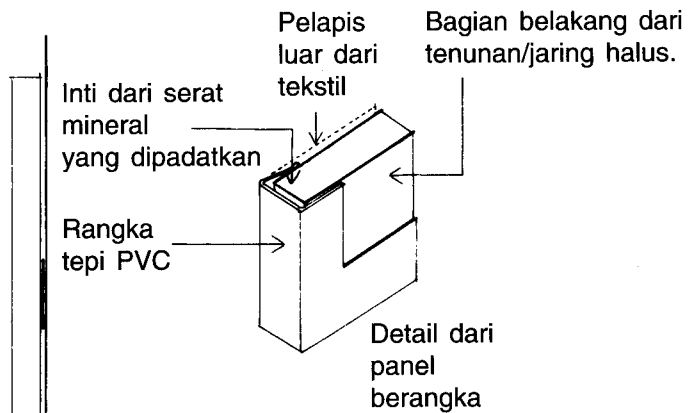
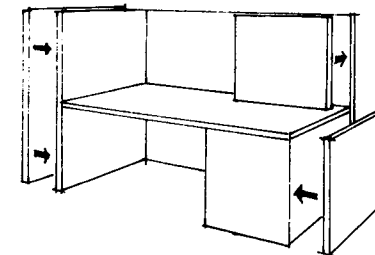
Panel-panel yang engselnya dapat diputar ke arah atas dan bawah. Detektor bahaya kebakaran, penerangan dan ventilasi dikoordinasikan untuk pemasangan panel-panel. Sepasang panel berukuran 1215 × 2400 mm, luas bukaannya 50% dari langit-langit utama. Gril udara utama berukuran 584 × 584 mm.

Sumber: BDP Architect/Theatre Project

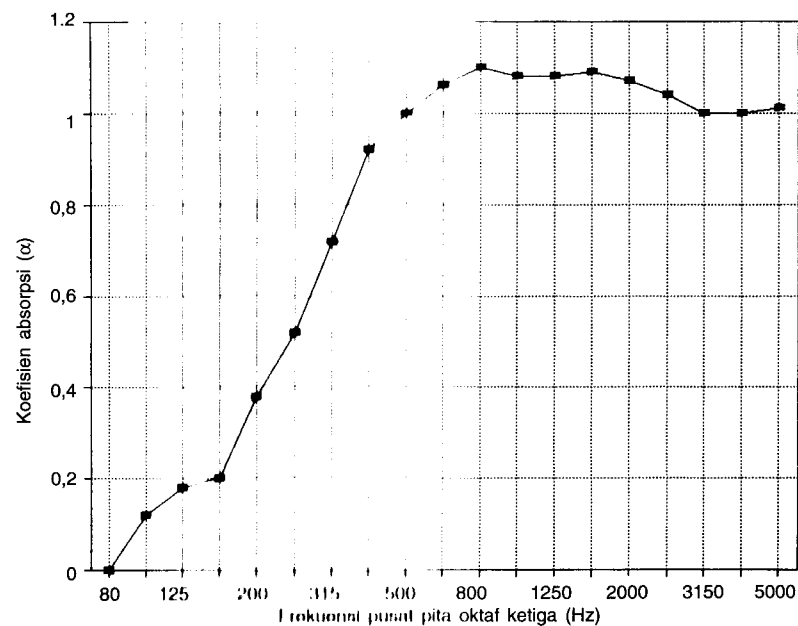
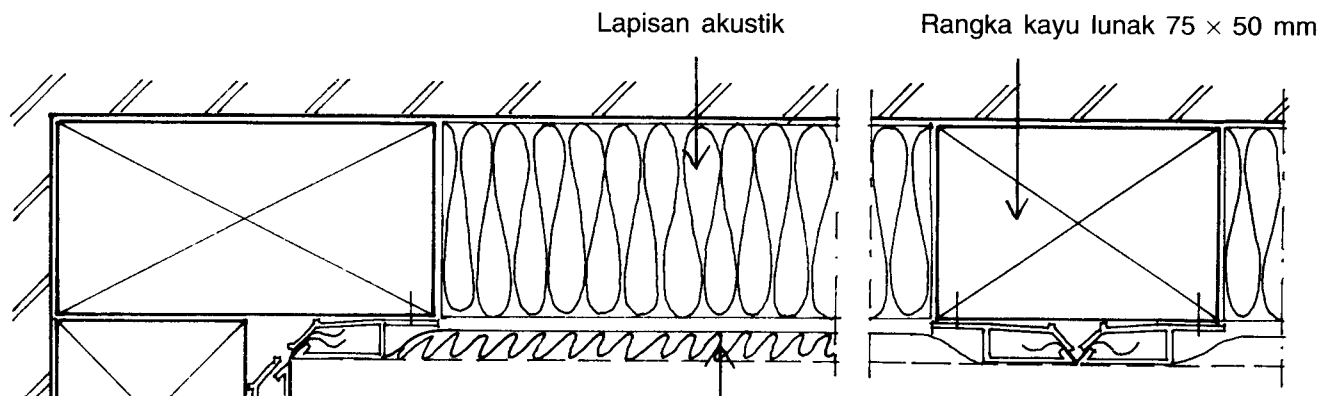
Langit-langit yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan

Penyelesalan Dinding

Gambar potongan horizontal, skala 1 : 5

125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz	Kunci	
0,12	0,34	0,73	0,92	0,94	0,87	0,76	α	-■-	30 mm lapisan kapas
0,20	0,66	0,99	1,02	0,97	0,95	0,83	α	-×-	50 mm
0,52	1,10	1,09	1,03	1,00	0,97	0,81	α	-+-	100 mm

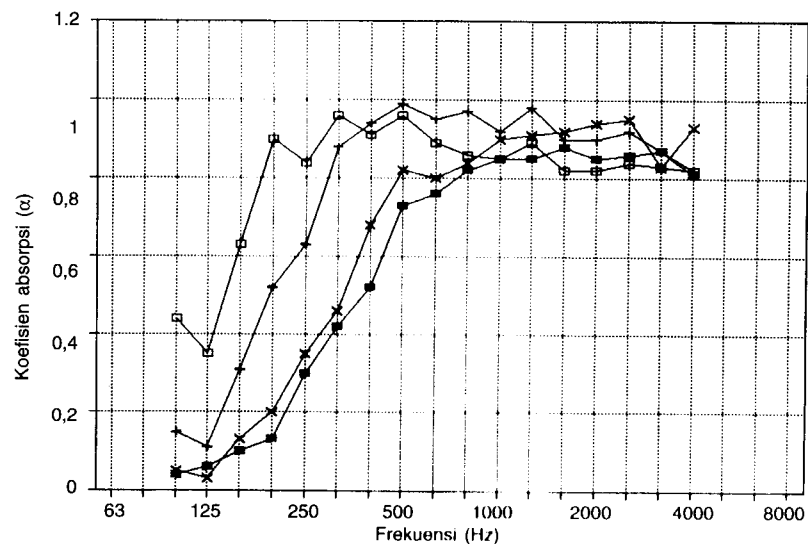
Pemasangan

Busa melamine dengan sel terbuka mempunyai kelebihan dibanding mineral wool dan serat kaca: tidak ada serat yang lepas ke udara, dan bobotnya ringan.

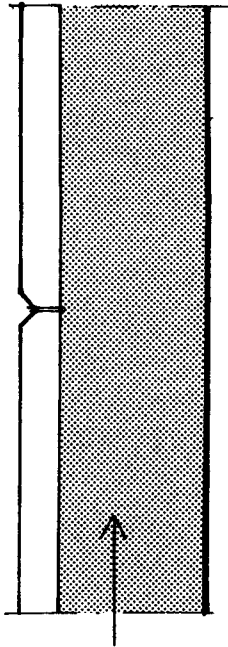
Sumber: 'Soundcheck' by Bridgeplex Ltd.

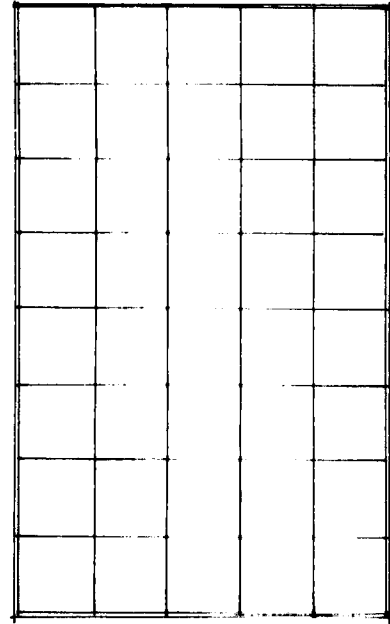
Penutup dinding akustik

Panel dengan rangka yang dipasang pada dinding

Panel-panel dipasang pada dinding pembatas tempat-tempat kerja.

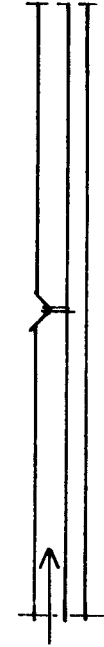
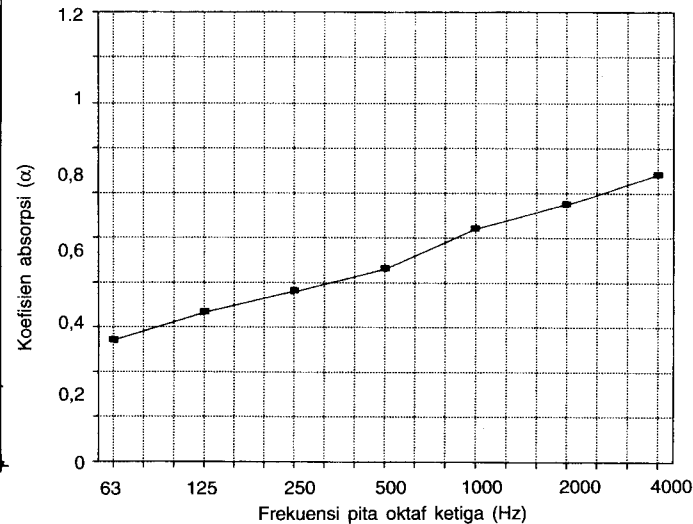
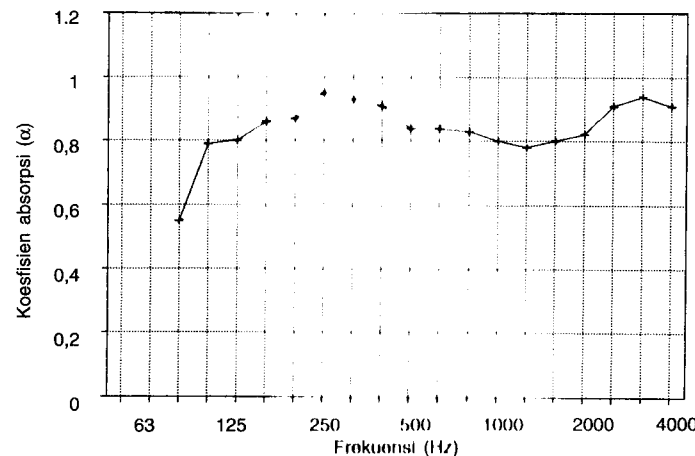
Sistem by Soundsorba Acoustic Products

80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Hz
0	0,12	0,18	0,2	0,38	0,52	0,72	0,92	1,0	1,06	1,1	1,08	1,08	1,09	1,07	1,04	1,00	1,00	1,01	α

Panel dinding akustik

Sistem ini terdiri dari rangka uPVC yang bercelah dengan lembaran penutup dinding yang direntangkan. Dapat digunakan pada dinding maupun langit-langit.
Lebar maksimum panel 2600 mm.

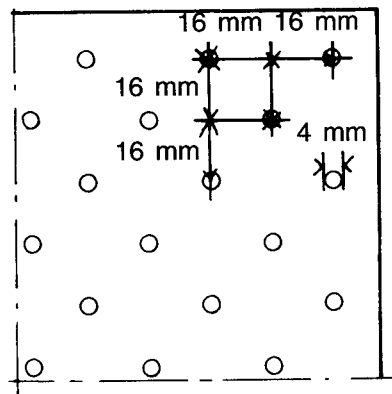
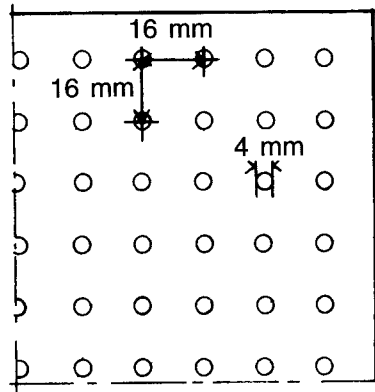
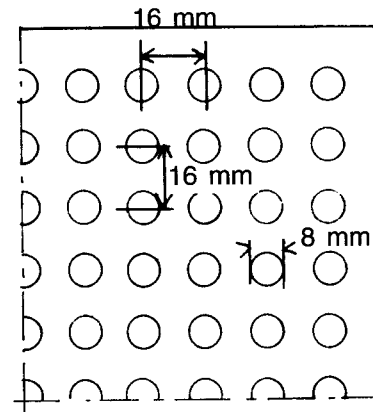
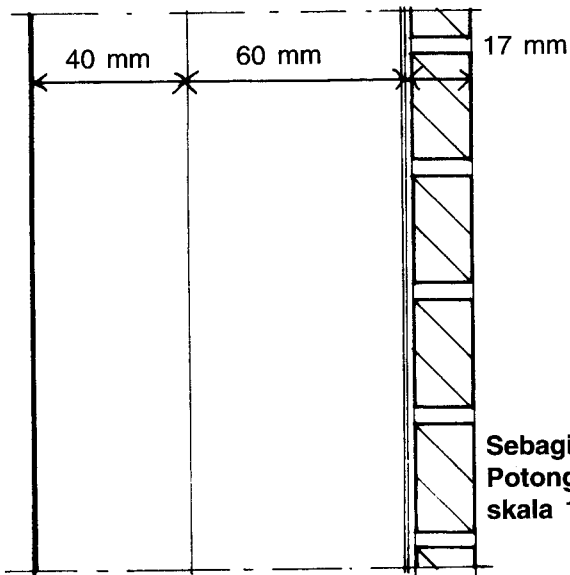
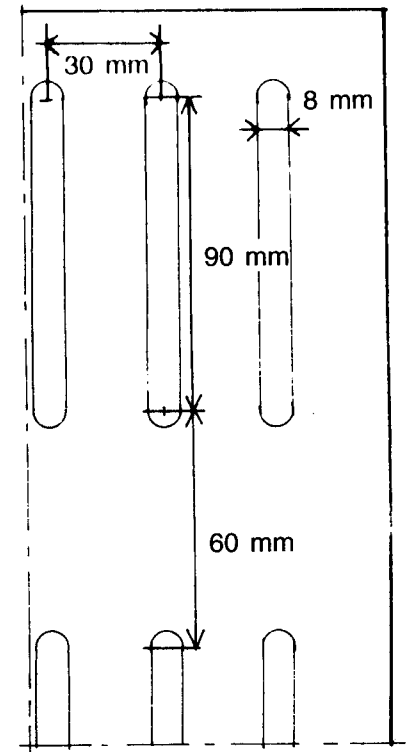
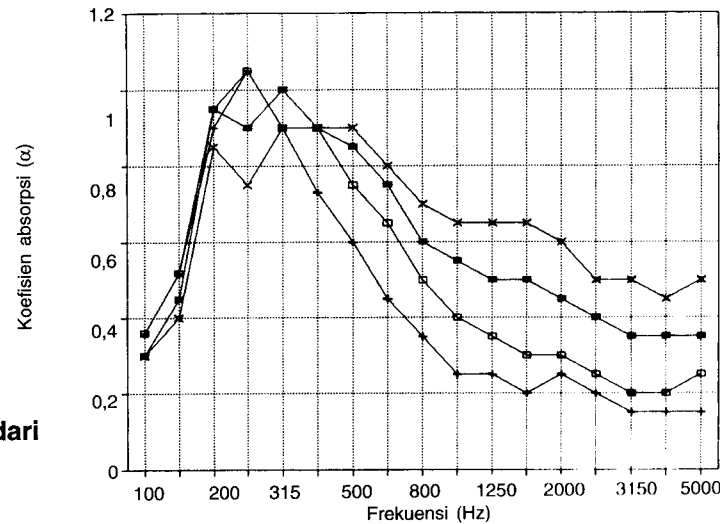
Sistem oleh Fabritrak Ltd

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	Hz	Kunci	
0,04	0,06	0,10	0,13	0,30	0,42	0,52	0,73	0,76	0,82	0,85	0,85	0,88	0,85	0,86	0,87	0,81	α	-■-	25 mm
0,05	0,03	0,13	0,20	0,35	0,46	0,68	0,82	0,80	0,84	0,90	0,91	0,92	0,94	0,95	0,83	0,93	α	-×-	30 mm
0,15	0,11	0,13	0,52	0,63	0,88	0,94	0,99	0,95	0,97	0,92	0,98	0,90	0,90	0,92	0,87	0,82	α	-+-	50 mm
0,44	0,35	0,63	0,90	0,84	0,96	0,91	0,96	0,89	0,86	0,85	0,89	0,82	0,82	0,84	0,83	0,82	α	-□-	75 mm

Panel dinding akustik

Tegel coustone tebal 29 mm, 40 kg/m² dipasang pada rangka, dilapis dengan mineral wool tebal 100 mm/60 kg/m³ di atas dasar yang masif.

Coustone adalah butir-butir material keras yang disatukan dengan resin sehingga menjadi lapisan pelindung, dapat digunakan sebagai penyerap bunyi maupun berkemampuan sebagai isolator bunyi yang baik.

Tegel tebal 40 mm, ukuran 500 × 500 mm.
Seperti yang disusun pada pengujian penyerapan, bagian tepinya dibori papan kayu tebal 18 mm.

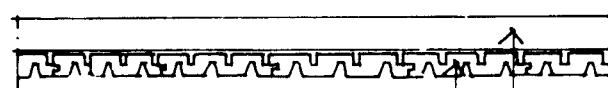
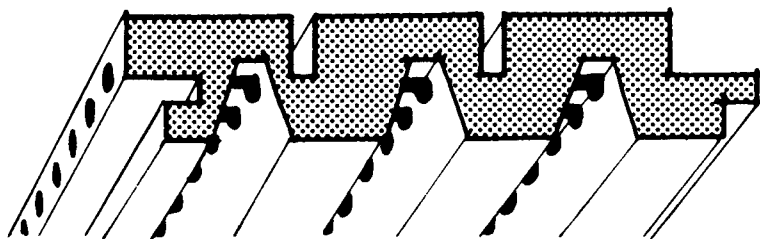
63	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
27,2	33,4	38,1	43,2	52,1	57,6	64,1	dB

Tegel Coustone 29 mm/40 kg/m², bagian belakangnya diberi plester Carlite tebal 12 mm. Susunan ini untuk diuji penyerapan bunyinya.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
0,55	0,79	0,80	0,86	0,87	0,95	0,93	0,91	0,84	0,84	0,83	0,80	0,78	0,80	0,82	0,91	0,94	0,91

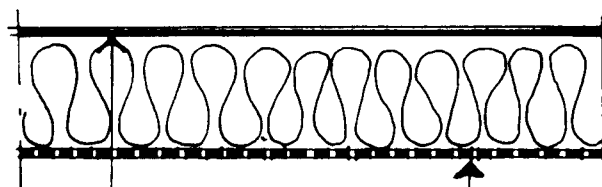
Sumber: Sound Absorption Ltd/University of Salford

Penutup dinding

Papan MDF dengan permukaan berupa urat kayu dengan pola-pola perforasi yang bermacam-macam

Sumber: Société Industriele Ober/CEBTP

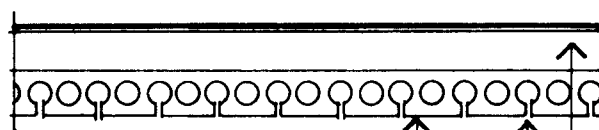
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	Hz	Kunci	
0,30	0,45	0,95	0,90	1,00	0,90	0,85	0,75	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,35	0,35	0,35	α	-■-	4
0,30	0,40	0,85	0,75	0,90	0,90	0,90	0,80	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60	0,50	0,50	0,45	0,50	α	-×-	3
0,36	0,52	0,90	1,05	0,90	0,73	0,60	0,45	0,35	0,25	0,25	0,20	0,25	0,20	0,15	0,15	0,15	α	-+-	1
0,36	0,52	0,95	1,05	0,90	0,90	0,75	0,65	0,50	0,40	0,35	0,30	0,30	0,25	0,20	0,20	0,25	α	-□-	2

Penutup dinding

Pemakaian rangka halus
Akustik Panel kayu
keras berprofil, pola perforasi
seperti dalam sketsa

Rangka 50 × 50 mm pada langit-langit
(atau dinding)
0,1 0,35 0,80 0,40 0,25 0,35

Satu sisi tidak berperforasi

Partisi berkarakter (Hauserman)
dengan pilihan perforasi pada
salah satu sisinya.
(Catatan: Perforasi menurunkan
angka isolasi bunyi partisi
sampai 35 dB atau kurang)
0,46 (100—3150 Hz) 0,91 (400—1250 Hz) 0,84 (1600--5000 Hz)

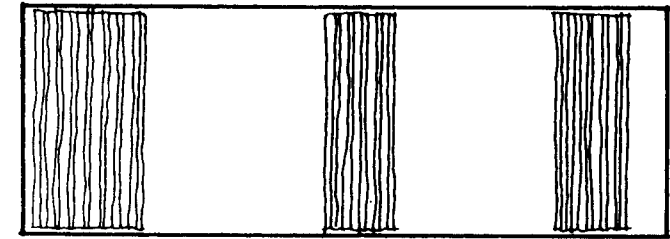
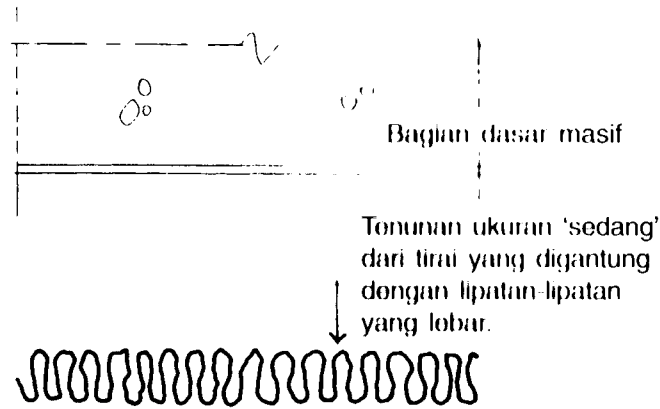
Karakter kerai baja
berlapis vinyl.
(AA—V Steeltone)

Membran serat kaca
Selimut mineral wool tebal 25 mm
—0,34 0,88 0,70 0,50 0,57

Panel chipboard bertekstur
menonjol, 26 mm dengan lapisan dekoratif.

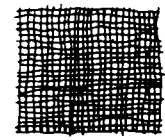
Celah-celah menerus lebar 3 mm

Rangka kayu lunak 38 × 25 mm dengan
isolasi serat kaca di antaranya.
0,15 0,35 0,40 0,60 0,85 0,55

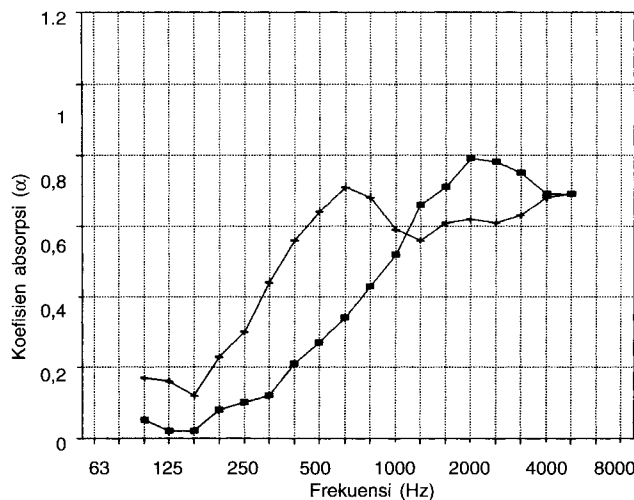
Bagian dasar masif

Tenunan ukuran 'sedang' dari tirai yang digantung dengan lipatan-lipatan yang lebar.

Tampak depan ruangan
Bagian tertutup tirai yang dibagi-bagi ke sekeliling ruangan lebih efektif dalam hal penyerapan bunyi dan memberikan kualitas bunyi yang merata daripada jika dikonsentrasikan di satu tempat saja.

Denah

1 Tenunan yang terlalu jarang/renggang dan materialnya bersifat akustik yang transparan.

2 Tenunan dengan kerapatan menengah memberikan kemampuan penyerapan yang lebih baik dari 1 atau 3. Pengujian dilakukan dengan meniupkan angin menembus material tersebut. Angin harus dapat menembus material, tetapi ada sedikit tahanan: kain/tekstil mempunyai sifat menahan aliran suara yang optimum.

3 Tenunan yang terlalu rapat dan materialnya hanya menyerap sedikit suara.

Penggunaan tirai yang terbaik adalah seperti dalam denah. Tenunan yang mempunyai kerapatan sedang sebagai pembatas ruang yang berdiri sendiri kurang efektif.
Tirai adalah metode sederhana untuk melakukan penyerapan bunyi untuk kadar tertentu, misalnya dalam hal ruang untuk latihan bermain musik. Lapisan tirai juga meningkatkan penyerapan bunyi.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Hz	Kunci	
0,17	0,16	0,12	0,23	0,30	0,44	0,56	0,64	0,71	0,68	0,59	0,56	0,61	0,62	0,61	0,63	0,68	0,69	α	–×–	Tirai berjarak 190 mm dari dinding masif.
0,05	0,02	0,02	0,08	0,10	0,12	0,21	0,27	0,34	0,43	0,51	0,66	0,71	0,79	0,78	0,75	0,69	0,69	α	–■–	Tirai, melekat dengan dinding.

Sumber:
University of Salford

Tirai

⅓OBCF. (Hz) Ketebalan	Notasi	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
25 mm	1	0,10	0,04	0,12	0,13	0,22	0,30	0,45	0,54	0,64	0,72	0,74	0,81	0,84	0,88	0,91	0,92	0,92	0,95
	2	0,13	0,12	0,18	0,22	0,28	0,32	0,46	0,55	0,63	0,61	0,71	0,68	0,72	0,74	0,79	0,82	0,83	0,90
	3	0,09	0,11	0,21	0,23	0,32	0,34	0,51	0,56	0,61	0,65	0,77	0,76	0,80	0,89	0,85	0,90	0,91	0,93
40 mm	4	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,60	0,70	0,80	0,95	0,90	1	1	1	0,95	0,95	0,85	0,90	1
	5	0,10	0,15	0,20	0,35	0,45	0,60	0,70	0,95	1	1	1	1	1	1	0,95	0,95	1	0,95
50 mm	1	0,15	0,12	0,28	0,34	0,54	0,80	0,92	0,97	0,99	1	1	1	1	0,99	0,99	0,99	1	0,99
	2	0,18	0,17	0,31	0,48	0,45	0,55	0,76	0,80	0,88	0,86	0,89	0,92	0,96	0,97	0,95	0,99	0,94	0,91
	3	0,20	0,27	0,39	0,46	0,54	0,68	0,95	0,94	0,89	1	1	1	1	0,96	1	1	0,99	0,99
	4	0,15	0,20	0,30	0,40	0,55	0,80	0,95	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	5	0,25	0,30	0,55	0,65	0,80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
75 mm	2	0,29	0,30	0,57	0,64	0,69	0,76	1	0,94	1	0,93	1	0,98	0,98	1	0,99	1	1	1
	3	0,28	0,28	0,56	0,73	0,79	0,98	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,97
	4	0,30	0,37	0,42	0,76	0,85	0,93	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	5	0,24	0,43	0,48	0,88	0,97	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100 mm	1	0,26	0,20	0,47	0,63	0,84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,97	0,92
	2	0,38	0,43	0,80	0,81	0,86	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	0,40	0,46	0,80	0,94	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,97
	4	0,53	0,53	0,73	1	0,92	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Kunci

1 Busa Melatech 11 kg/m^3 (Melamine dengan campuran busa elastis)
2 Gypglas 1605, 16 kg/m^3 (Selimut serat kaca).
3 Gypglas 2405, 24 kg/m^3 (Selimut serat kaca).
4 Gypglas 3205, 33 kg/m^3 (Selimut serat kaca).
5 Gypglas 4805, 48 kg/m^3 (Selimut serat kaca).

Angka koefisien yang lebih besar dari 1 dibulatkan menjadi 1.

Angka-angka penyerapan bunyi untuk mineral wool dan serat kaca mirip satu sama lain pada ketebalan dan kepadatan yang sama.

Pada kepadatan yang lebih rendah, serat kaca menyatu dengan lebih baik dalam bentuk selimut, sedangkan pada kepadatan yang lebih tinggi ada lebih banyak pilihan dalam bentuk panel ataupun lempengan mineral wool.

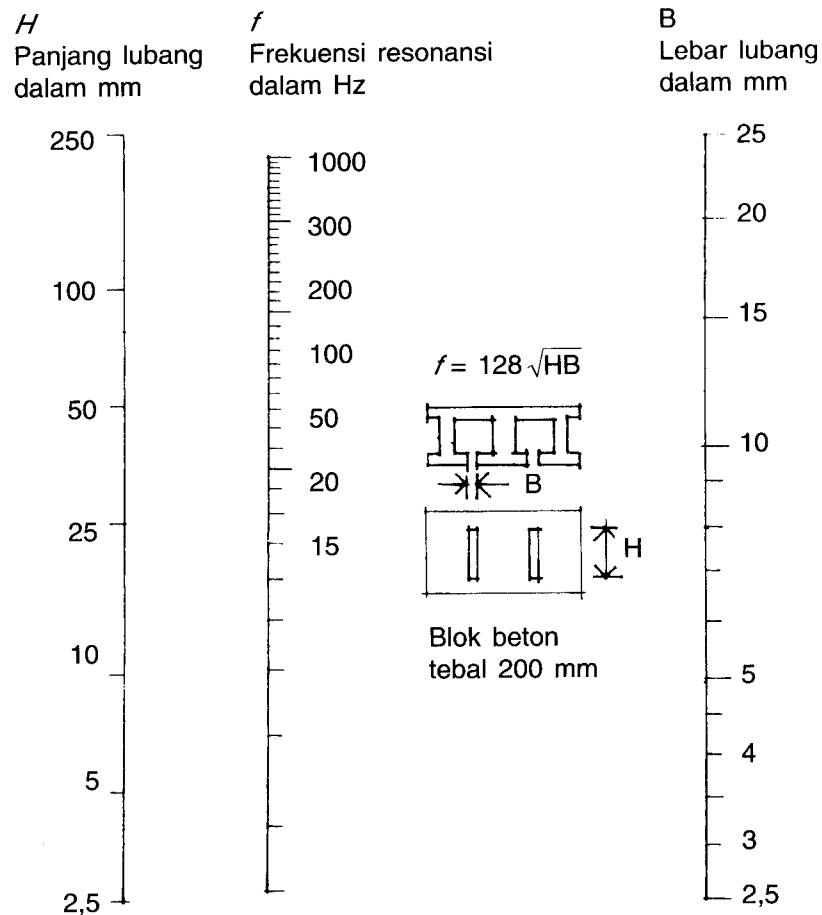
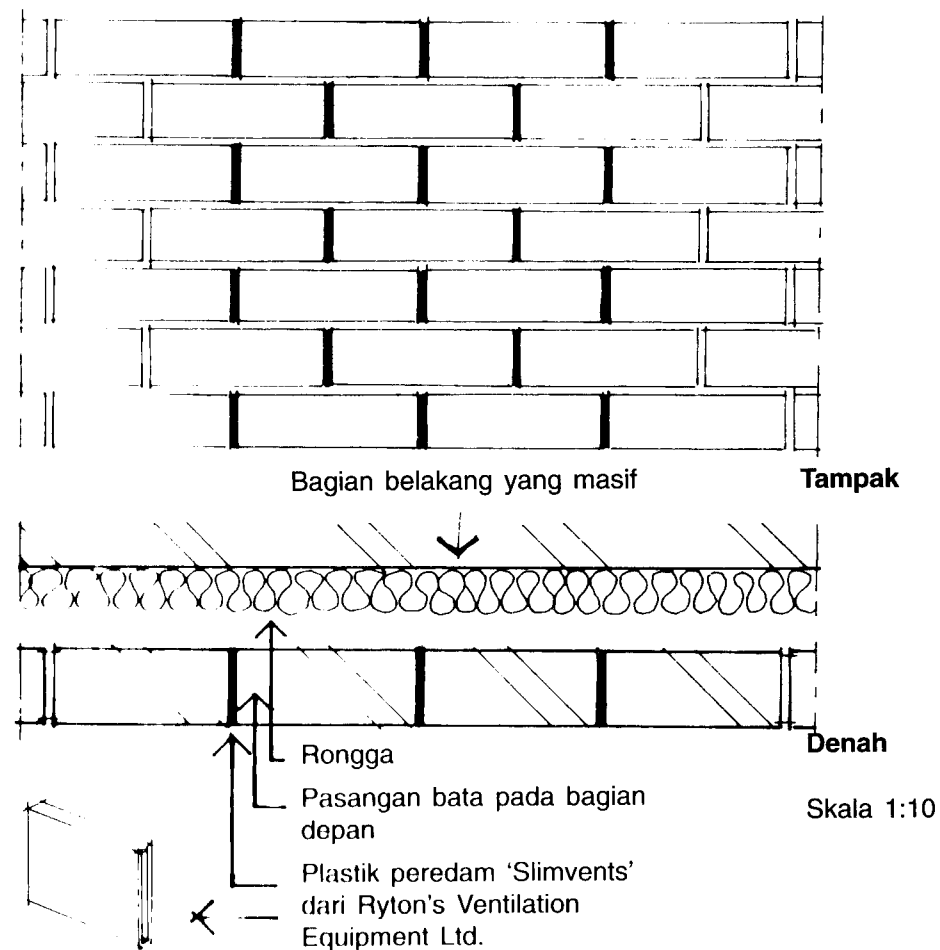
Lepasnya serat-serat merupakan masalah pada material atau kulit permukaan, apabila digunakan untuk atenuasi bunyi sebagai pelapis permukaan yang ditutup dengan metal berperforasi.

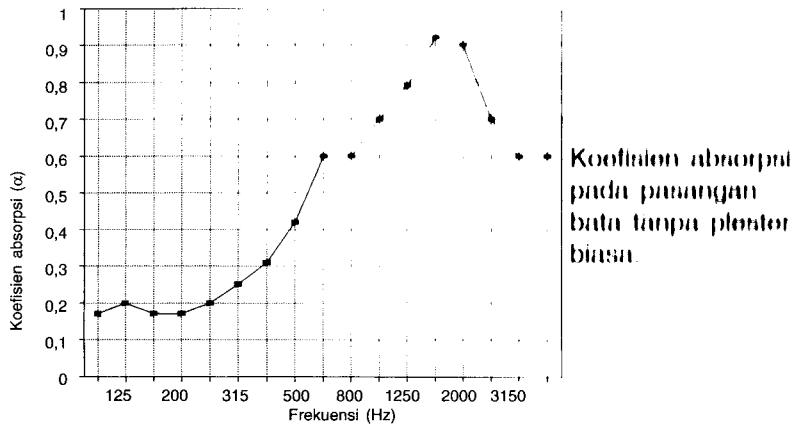
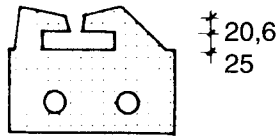
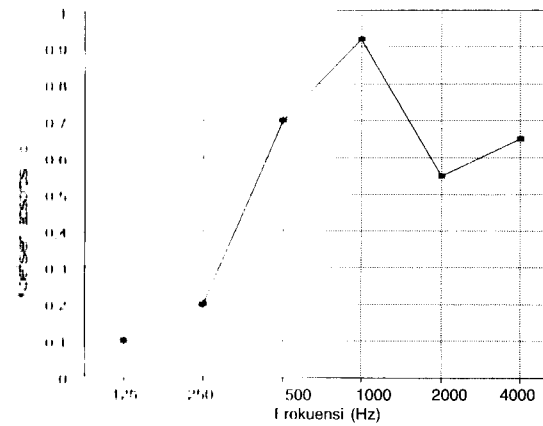
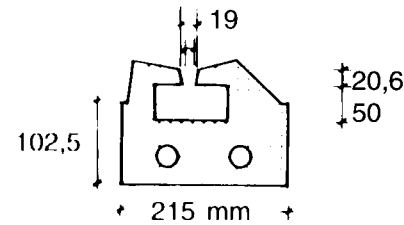
Busa elastis yang banyak beredar akhir-akhir ini dapat juga digunakan karena sifat akustik dan ketahanannya terhadap api, tanpa ada masalah lepasnya serat-serat.

Permukaan dekoratif harus bersifat akustik yang transparan. Mungkin akan tampak ada sedikit kelebihan pada frekuensi bicara untuk ketebalan penyerapan yang melebihi 50 mm.

Sumber: University of Salford/Pusat Pengendali Bising.

Lapisan penyerapan bunyi

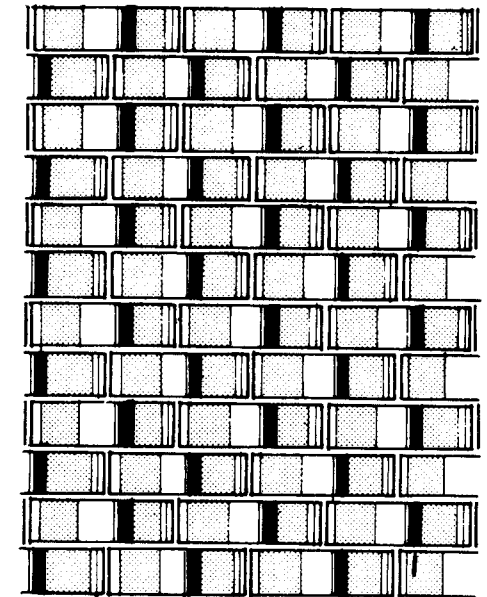
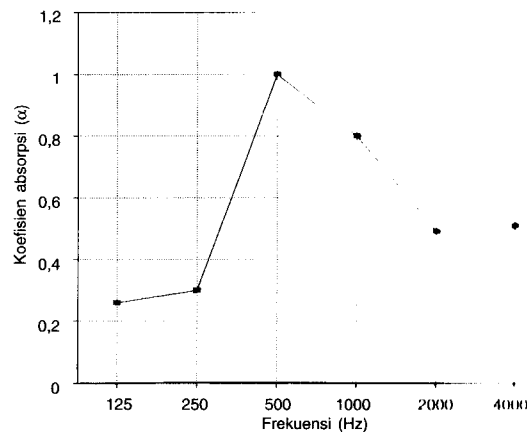
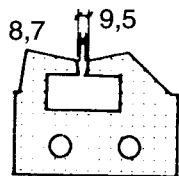
Koefisien absorpsi dari berbagai pengujian

Nomogram untuk menghitung frekuensi Helmholtz pada blok beton berongga yang berlubang di bagian sisinya (Sumber: Laboratorium Herrick, Universitas Purdue, Indiana, Amerika Serikat)
Koefisien absorpsi untuk blok beton 200 yang berlubang dan diisi dengan bahan berserat tahan api (125 sampai 4000 Hz):
0,72 0,55 0,42 0,34 0,35 0,34

Efek yang hampir sama diperoleh pada lubang-lubang di dinding bata yang ada rongga udara di belakangnya (Catatan: bidang menjadi kurang efektif untuk pengurangan bunyi di antara ruang-ruang). Untuk mengetahui karakteristik peredaman pada bata, rongga dan pola lubang-lubangnya, perlu pengujian di laboratorium. Aplikasi: penyerapan selektif pada frekuensi-frekuensi rendah.

Dinding penyerapan bunyi

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	Hz
0,17	0,2	0,17	0,17	0,2	0,25	0,31	0,42	0,6	0,6	0,7	0,79	0,92	0,9	0,7	0,6	0,6	α

125	250	500	1000	2000	4000	Hz
0,1	0,2	0,7	0,92	0,55	0,65	α

BA3

8,7 9,5

Koefisien absorpsi (α)

Frekuensi (Hz)

125	250	500	1000	2000	4000	Hz
0,26	0,3	1,0	0,8	0,49	0,51	α

Bata yang dirancang khusus dapat dianggap melemahkan kualitas suara pada ruang di mana permukaan yang keras diperlukan. Campuran dari tiga jenis akan mencapai penyerapan bunyi yang baik dalam batas frekuensi 500-2000 Hz. Permukaan yang bersiku-siku membantu menyebarkan bunyi yang membenturnya. Lebih mahal dari lubang-lubang di antara bata biasa, tetapi kelebihan dari dinding itu adalah tetap mempunyai sifat isolasi bunyi.

125	250	500	1000	2000	4000	Hz	Kunci	
0,35	0,6	0,8	0,96	1,0	1,0	α	—■—	1
0,25	0,46	0,9	1,0	0,69	0,68	α	—×—	2
0,25	0,6	1,1	0,66	0,27	0,30	α	—+—	3
0,5	0,68	0,3	0,12	0,06	0,20	α	—□—	4

Panel-panel dinding dapat dirancang agar menjadi penyerap bunyi yang terbatas untuk frekuensi-frekuensi tertentu dengan mengatur celah yang ada di antara papan-papan yang digunakan. Prinsip resonator yang berupa belahan-belahan panjang adalah sama dengan resonator Helmholtz, frekuensi gema tergantung dari lebar kedalaman celah dan luas potongan ruang yang ada di belakang belahan yang terbentuk oleh papan-papan tersebut.

Bagian belakang yang masif.

10

60

Mineral wool 45 mm

1

3

12 50

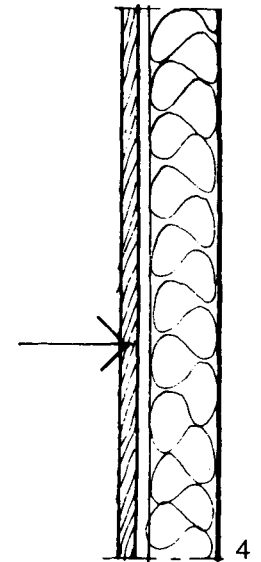
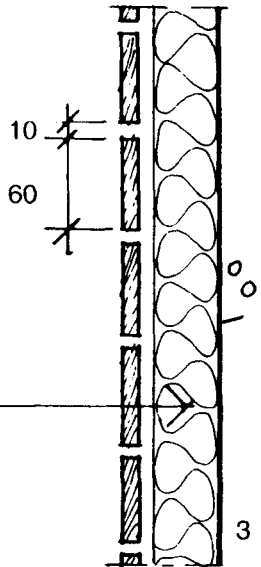
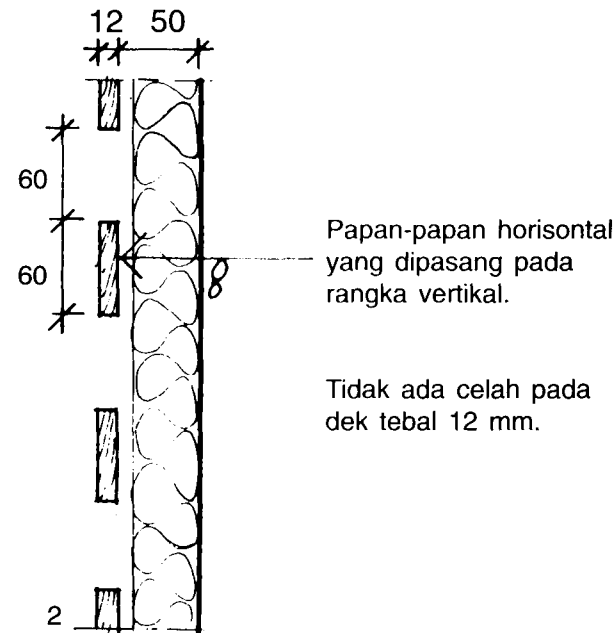
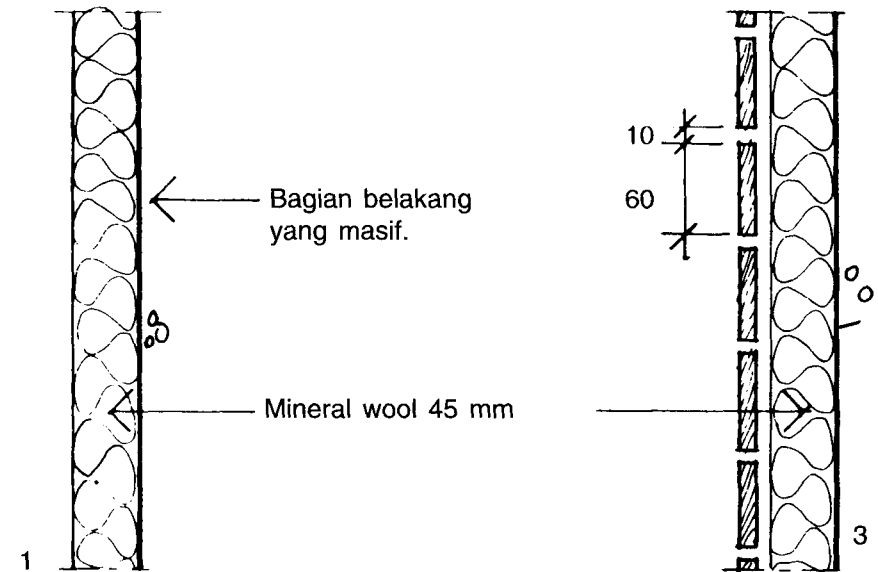
60

60

Papan-papan horisontal yang dipasang pada rangka vertikal.

Tidak ada celah pada dek tebal 12 mm.

2

4

Sumber: W. Furrer

Panel-panel dinding

Panel-panel dinding yang termasuk fungsi keselamatan:

- hiasan dekoratif yang sesuai dengan susunan bangku
- permukaannya tahan lama dan dapat dibersihkan untuk aktivitas olah raga atau kegiatan kesenian
- panel-panel menyerap bunyi, dinding-dinding penyerap yang 'built in' diperlukan agar terjadi kerjasama akustik dari berbagai pemakaian dan susunan tempat duduk

Ruangan serba guna
Volume 13.000 m^3
Kapasitas maksimal 1700
Target R.T. 1,7 detik pada frekuensi 500 Hz untuk 2/3 pemakaian ruang

Sumber: City of Carlisle Architects/BDP Accoustics

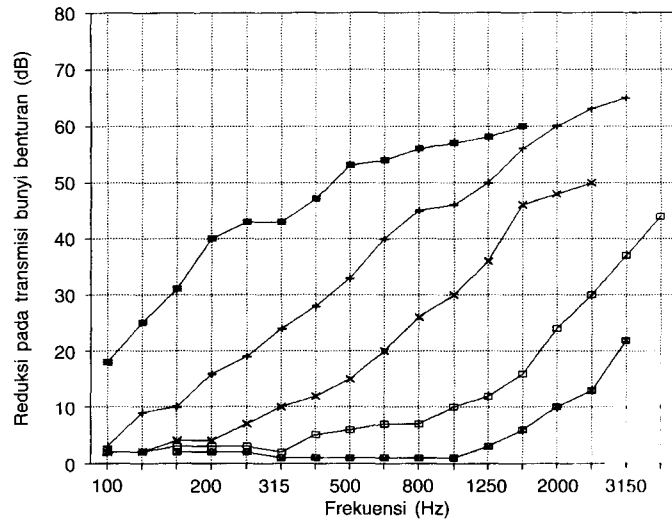
Panel-panel dinding

Pemasangan, Penyelesaian

Koefisien absorpsi (α)

1,2 · 1 · 0,8 · 0,6 · 0,4 · 0,2 · 0

125 · 250 · 500 · 1000 · 2000 · 4000

Frekuensi (Hz)

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	Hz	Kunci	
18	23	31	40	43	43	47	53	54	56	57	58	60	–	–	–	–	dB	-■-	Karpet tebal + lapisan dasar
3	9	10	16	19	24	28	33	40	45	46	0	56	60	63	65	–	dB	-×-	Karpet tebal
2	2	4	4	7	10	12	15	20	26	30	36	46	48	50	–	–	dB	-+-	Karpet berkontraksi
2	2	3	3	3	2	5	6	7	7	10	12	16	24	30	37	44	dB	-□-	Berlapis vionyl
–	–	2	2	2	1	1	1	1	1	1	3	6	10	13	22	–	dB	-⊠-	Linoleum

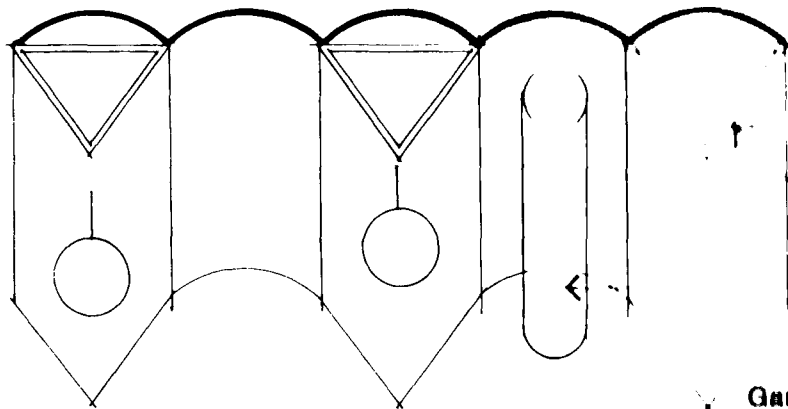
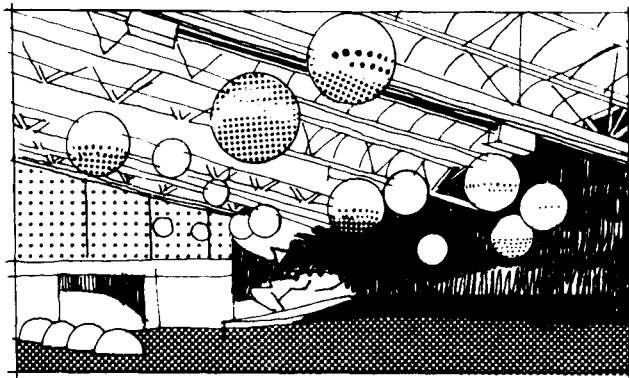
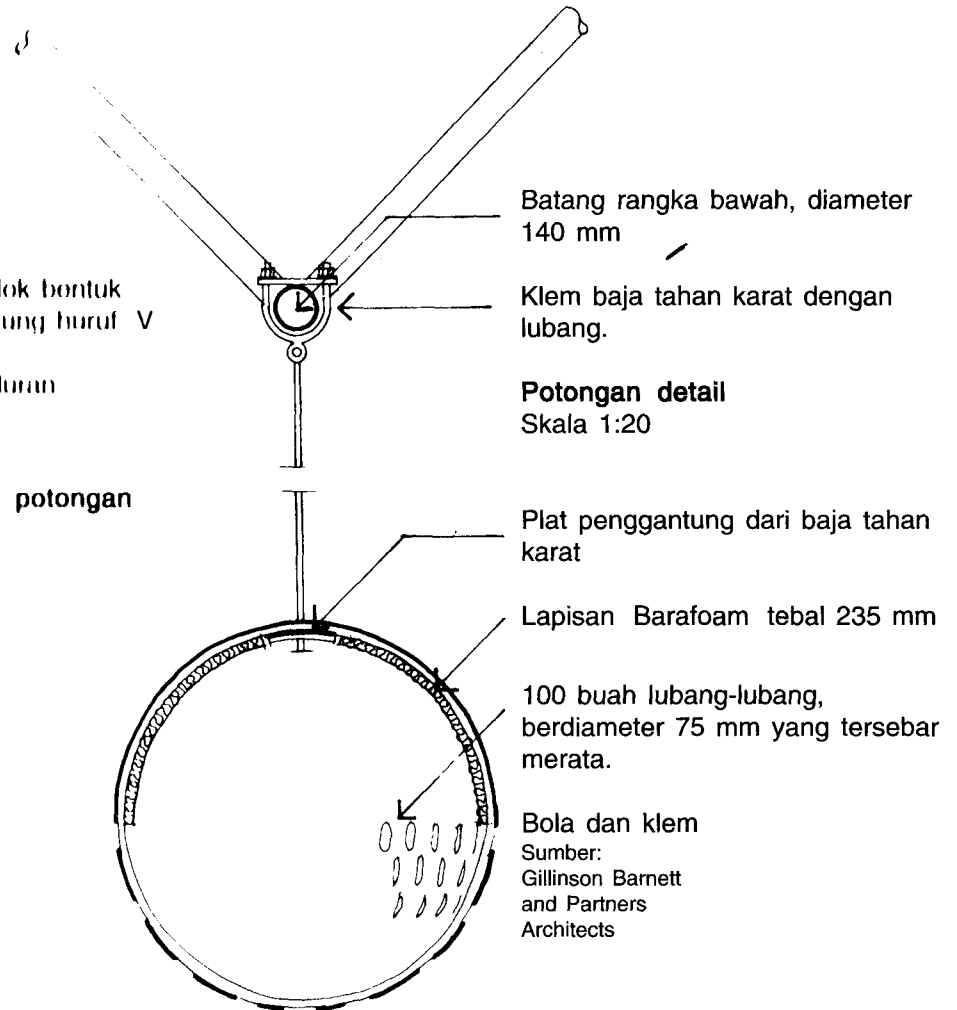
125	250	500	1000	2000	4000	Hz	Kunci	
0,03	0,3	0,58	0,9	0,92	0,85	α	-■-	Karpet tebal + lapisan dasar
0,02	0,1	0,18	0,32	0,55	0,85	α	-×-	Karpet tebal
0,01	0,04	0,39	0,42	0,43	0,41	α	-+-	Karpet tipis + Lapisan dasar
0,01	0,01	0,02	0,1	0,43	0,77	α	-□-	Karpet anyaman terkontraksi

Karpet
Karpet bermanfaat untuk mengurangi bunyi akibat benturan (jatuhnya kaki dan lantai di bawahnya) maupun untuk menyerap bunyi. Angka-angka yang ditunjukkan dalam appendiks kecuali untuk karpet tipis dengan dasar masif (biasanya untuk ruang kantor yang disewakan) angka-angka rendah untuk frekuensi rendah dan menengah. Kadang-kadang karpet digunakan untuk permukaan dinding yang tahan lama, misalnya di gedung-gedung bioskop. Karpet pada panel-panel dinding tipis memberikan hasil frekuensi yang lebih luas.

Lembaran vinyl
Lembaran vinyl yang diberi lapisan empuk tebalnya hanya 3 mm (*Polytread* atau yang sejenis) di atas slab beton dapat menjadi sarana merambatnya bunyi benturan, melebihi Tingkat 1 pada Peraturan Bangunan. Ini merupakan material yang bermanfaat untuk rumah sakit, sekolah-sekolah dan panti-panti jompo di mana karpet tidak digunakan.

Material permukaan (Definisi BRS 103)
Lembaran vinyl berlapisan dasar material empuk. Karpet tipis dengan lapisan dasar. Karpet tebal dengan atau tanpa lapisan dasar, tegel dari bahan gabus di atas tegel tebal 8 mm.

Sumber: SRL/
Tretford Carpets

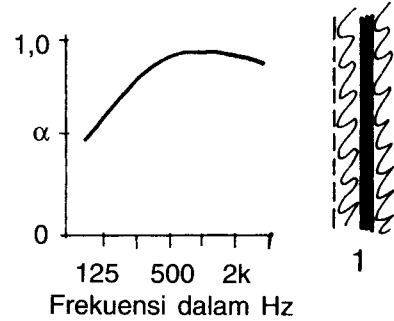
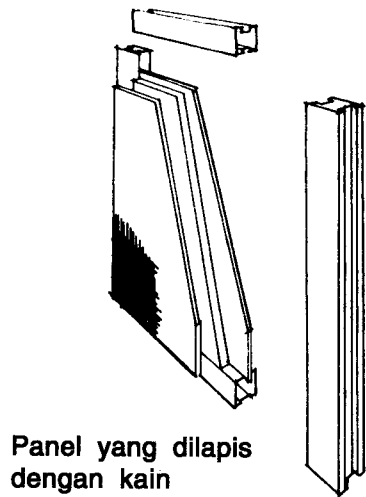
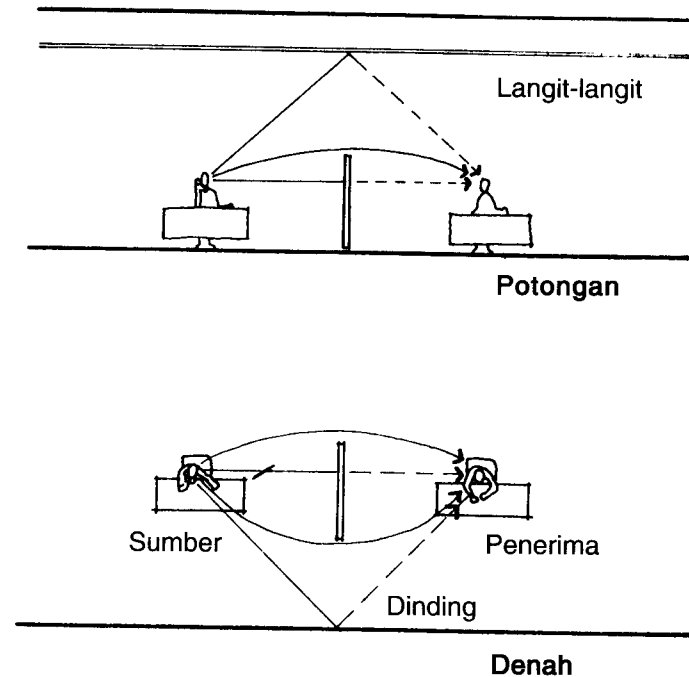
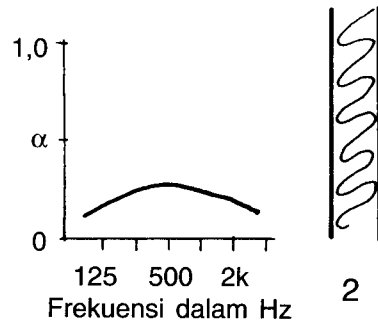
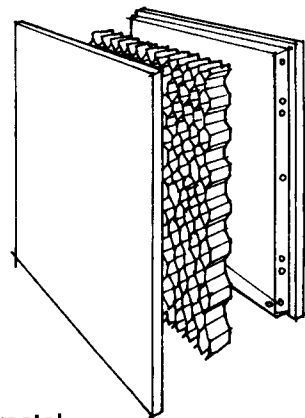
Permukaan lantai

Bola-bola GRP digunakan pada beberapa kolam renang dan kolam bermain untuk membantu meredam suara teriakan anak-anak dan suara air. Bagian dalam kolam biasanya menjadi masalah karena perlu dibuat keras dan kedap air; hindarkan penggunaan plester langit-langit akustik yang biasa karena plester itu dapat menyerap embun berlipat ganda dari beratnya sendiri sehingga dapat lepas dari langit-langit yang ada di *soffit*.

Penyerap bunyi di atas kepala

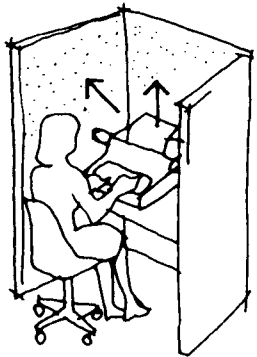
Panel yang dilapis dengan kain

Panel metal

Potongan

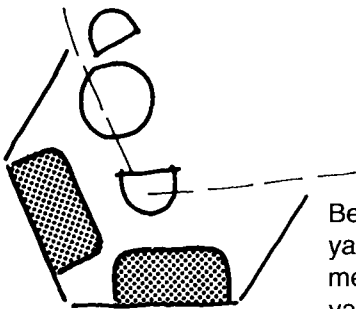
Denah

Untuk jarak yang wajar antara masing-masing orang, misalnya 12-14 m²/orang, pengurangan suara antar tempat kerja maksimum hanya 20-25 dBA, rumus empiris untuk melihat batas privasi yang memadai: suara latar belakang (dBA) + pengurangan suara ≥ 75. Dengan kriteria ini banyak kantor-kantor mempunyai tingkat ambien terlalu rendah dan suara-suara lain yang masih terdengar perlu diperhatikan.

Dalam memilih sistem partisi atau panel-panel penyekat, carilah material yang berlapis-lapis dari bahan: penyerap-bagian inti masif-penyerap, jika memerlukan tingkat penyerapan bunyi yang baik (di atas 0,6). Kedua contoh 1 dan 2 di atas, efektif jika dijadikan dinding penghalang. Penyerapan yang baik pada frekuensi 1—2 kHz adalah penting untuk mengatasi suara pembicaraan.

Kantor dengan model denah terbuka

Aktivitas yang berisik dan tertutup, menggunakan dinding penghalang yang menerus ke lantai.

125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz	Kunci
1,0	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	0,8	s	■
0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	s	+

Tempo gema yang diukur dalam kantor dengan tata letak denah terbuka, lebar 12 m dengan kolom-kolom kisi berjarak 4 m, tinggi langit-langit 3 m. Langit-langit dari tegel mineral yang digantung. Permukaan lantai tegel karpet. Pengukuran dilakukan saat kantor kosong (-■-) dan tempat-tempat kerja dengan ada orangnya, rak yang penuh, dan kursi-kursi yang (+) bebas (sumber BDP).

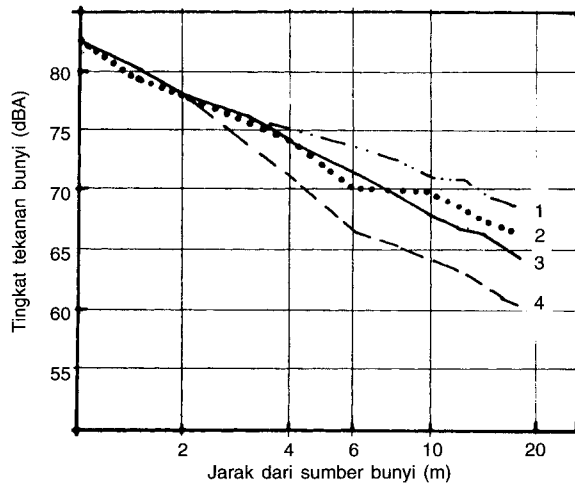
Tempat kerja bentuk huruf 'L', memberikan suasana privasi.

Besarnya sudut tempat kerja yang dapat diatur memungkinkan variasi sudut yang beragam, bagian yang mengarah ke dalam untuk suasana privasi.

Pedoman perencanaan

1. Perencanaan dalam ruang yang lebih lebar dari 11 meter.
2. Denah 12 m^2/orang termasuk untuk sirkulasi.
3. Zona untuk mesin-mesin kantor terpisah dan diberi dinding penghalang.
4. Kembangkan tata letak dengan orientasi 'arena'
5. Tingkat suara latar belakang dalam batas 40-50 dBA.
6. Kembangkan tata letak dinding penghalang yang baik, hindarkan 'anak tangga' dan terjadinya 'bilik-bilik'.
7. Tempatkan panel-panel akustik di sekeliling sumber bunyi yang harus dikendalikan: dalam batas 1200 mm.
8. Jadikan sepertiga dari panel-panel tersebut sebagai permukaan akustik daripada permukaan yang keras.
9. Pilih panel-panel tinggi (2100 mm) di mana banyak orang berdiri atau berjalan hilir mudik.
10. Pilih langit-langit yang sifat peredamannya tinggi.
11. Pilih karpet tebal yang bagian bawahnya padat.
12. Pertimbangkan apakah perlu mengalahkan suara latar belakang.
13. Perkecil suara berisik dari sumber yang berbunyi terus menerus atau yang sekali-kali—telepon, mesin ketik, komputer.
14. Periksa privasi percakapan: baik jika pendengar pada jarak 5 meter dari seseorang yang sedang membaca dengan keras suara seperti orang yang berbicara normal, hanya dapat memahami 10% dari yang dibicarakan (pengujian tekanan standar bicara). Jika perlu, tingkatkan mutu peredaman dinding penghalang.
15. Periksa tempo gema: kantor umum menghendaki frekuensi tengah 0,70 detik. Kantor-kantor eksekutif 0,5 detik, denah sistem terbuka 0,45 detik.

Sumber: Herman Miller Research Corporation

Kantor dengan model denah terbuka

1

1. Lorong terbuka, bangunan pabrik dibiarkan apa adanya.
2. Melintasi bangku-bangku, bangunan pabrik dibiarkan apa adanya.
3. Lorong terbuka, bangunan pabrik dilapis dengan bahan peredam suara.
4. Melintasi mesin-mesin, mesinnya dilapis bahan peredam suara.

Sumber: P. Wilson, Pusat suara Industri Lucas.

Jenis pabrik	Tingkat kerusakan: dB/per kelipatan jarak
Kosong, keras	–3
Keras dengan elemen-elemen pemecah suara	–4
Kosong, dengan lapisan peredam	–4
Lapisan peredam, dengan elemen-elemen pemecah suara	–5

2

3

50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10.000	Hz	Kunci	
2,2	1,8	1,7	1,6	1,7	2,0	2,5	2,8	3,0	3,3	3,5	3,6	3,8	3,9	3,8	3,6	3,4	3,3	3,0	2,6	2,4	1,8	1,5	1,2	s	-■-	Tak ada mesin
1,6	1,5	1,4	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	1,8	1,7	1,5	1,4	1,0	0,8	s	-×-	25 mesin
1,6	1,3	1,0	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,7	0,5	s	-+-	50 mesin

Peredaman mesin-mesin di ruang dalam pabrik

Pabrik 45 × 43 × 43 m
Permukaan-permukaan yang keras

Sumber: M. Hodgson
University of Cambridge

Pedoman perencanaan

1. Di mana karyawan berhadapan dengan kondisi · 8 jam leq. dengan 85 dB (A), pengukuran pengurangan bunyi dilakukan sejauh mungkin. Pelindung telinga harus dipakai. Usulan EC untuk Dewan Pengarah (18 Oktober 1982): Kondisi sehari-hari tidak boleh lebih dari 85 dB(A) tetapi harus memperhitungkan kelayakannya, diberi waktu 5 tahun untuk implementasinya.
2. Uraian klasik mengenai bunyi dalam ruang tertutup (misalnya Sabine) tidak sesuai. Tendensinya, tingkat bunyi gema yang konstan di luar bidang bunyi yang langsung dari sumbernya, akan hilang. Ini berarti bahwa dengan penambahan bahan penyerap tidak selalu menghasilkan tingkat penurunan bunyi yang berarti, jika letaknya jauh.
3. Tidak adanya bidang bunyi gema berarti bahwa pemisahan tempat-tempat bunyi yang berisik dari aktivitas proses yang tenang dan penambahan dinding-dinding penghalang setempat adalah upaya yang efektif.
4. Penyerap bunyi yang digantung dari atas ditambah dengan dinding penghalang setempat seringkali menjadi solusi yang terbaik dalam pemanfaatan penyerapan bunyi.
5. Apa yang dialami oleh operator bunyi berisik tidak bertambah baik dengan adanya peningkatan di ruang pabrik—tidak ada perubahan dalam hal tingkat kerusakan 2 m (1)
6. Untuk tingkat kerusakan dari sumber yang arahnya bermacam-macam dalam ruangan pabrik, pedoman (2) dapat dipertimbangkan.
7. Mesin-mesin dan peralatan itu sendiri menjadi pemecah dan penyerap bunyi (3).

Pada panggung orkestra yang lengkap (para pemain ini sedang memperdengarkan Britten s War Requiem), konsultan teater, ahli akustik, dan arsitek akan menguji tata letak pementasan yang optimal. Tata letak yang dikecilkan skalanya dapat dirancang dengan menggunakan pola tata letak para pemusik tersebut dengan memberi tempat sebagai berikut:

1,25 m² untuk alat musik dengan dawai pada bagian atasnya dan instrumen tiup
5 m² cello dan alat musik tiup besar lainnya.
1,8 m² double bass
10 m² timpani
20 m² perkusi lain
0,5 m² untuk masing-masing anggota paduan suara

100 mm/tingkat untuk menaikkan lantai bagian belakang, lebar per tingkat 1,25 m, untuk alat musik dawai dan seruling, 1,4 m untuk alat-alat dari logam dan cello, 0,8 m untuk deretan penyanyi paduan suara. Panggung ukuran 190 m² dapat memuat 100 buah alat orkes, < 17 m lebar dan 11 m dalamnya. Sudut kemiringan dinding pada denah yang optimum 16°—17 (profil penyebaran/pembuatan model)

Penyanyi solo
Alat musik dengan dawai (gitar,violin)
Drum
Perkusi
(organ)
Piano
Tuba
Trombon
Terompet
French horn
Bassoon
Sejenis terompet
Oboe
Seruling
Harpa
Klarinet
Bassoon ganda
(koor)

Skala 1:100

Tata letak orkestra

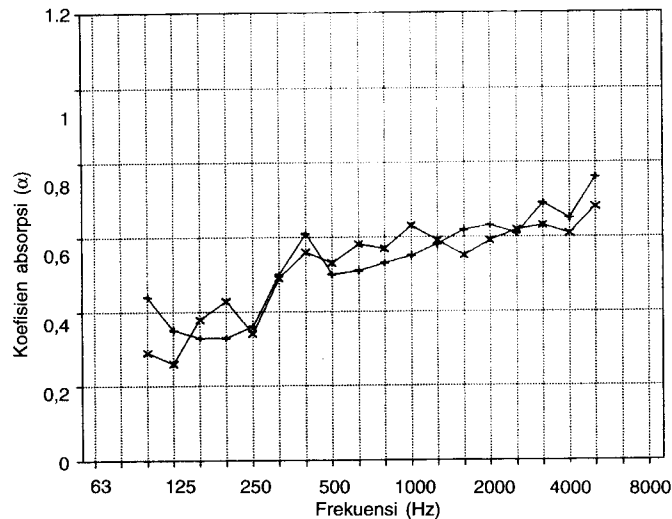
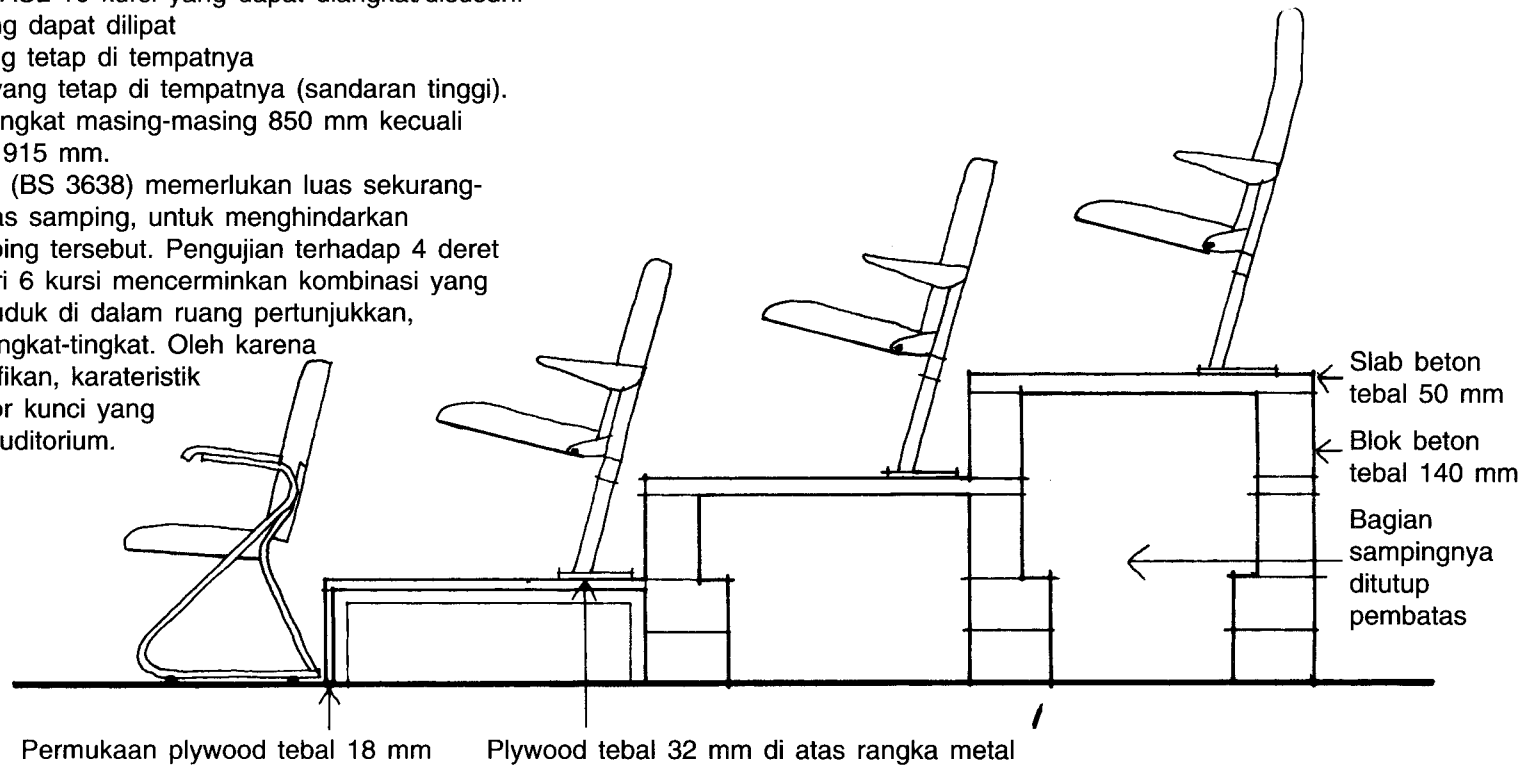
Tempat duduk: deretan depan ASL 10 kursi yang dapat diangkat/disusun.
Deret kedua: ASL 10 kursi yang dapat dilipat
Deret ketiga: ASL 10 kursi yang tetap di tempatnya
Deret keempat: ASL 10 kursi yang tetap di tempatnya (sandaran tinggi).
Tinggi tingkat 265 mm, lebar tingkat masing-masing 850 mm kecuali tingkat bagian belakang, lebar 915 mm.
Uji penyerapan di laboratorium (BS 3638) memerlukan luas sekurang-kurangnya 10 m^2 dan pembatas samping, untuk menghindarkan penyerapan pada bagian samping tersebut. Pengujian terhadap 4 deret yang masing-masing terdiri dari 6 kursi mencerminkan kombinasi yang umum pada deretan tempat duduk di dalam ruang pertunjukkan, termasuk panggung yang bertingkat-tingkat. Oleh karena luas permukaannya yang signifikan, karateristik tempat duduk merupakan faktor kunci yang mempengaruhi akustik suatu auditorium.

Slab beton tebal 50 mm

Blok beton tebal 140 mm

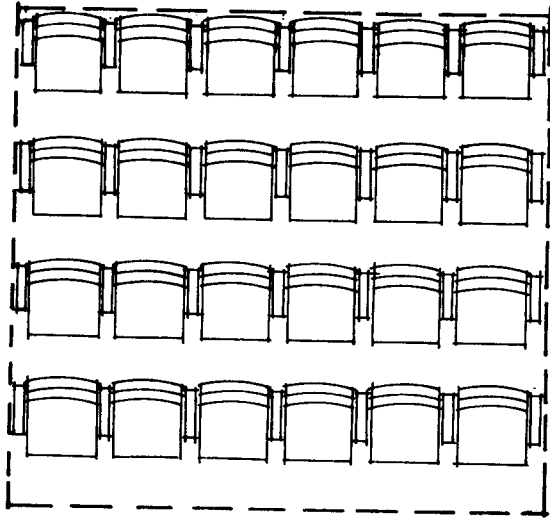
Bagian sampingnya ditutup pembatas

Permukaan plywood tebal 18 mm

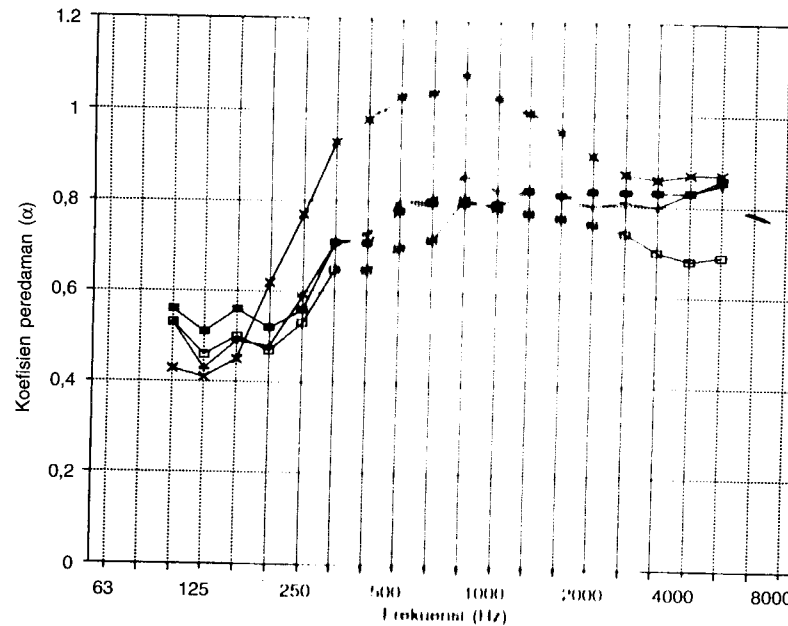
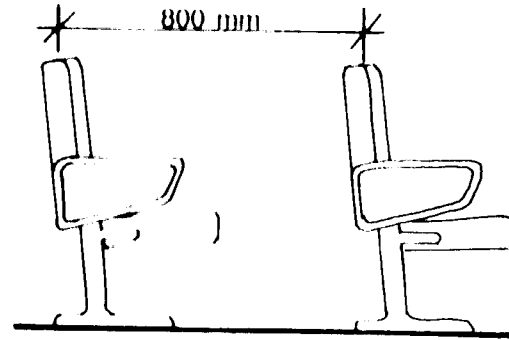
Plywood tebal 32 mm di atas rangka metal

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Hz	Kunci	
0,44	0,35	0,33	0,33	0,36	0,50	0,61	0,50	0,51	0,53	0,55	0,58	0,62	0,63	0,61	0,69	0,65	0,76	α	−×−	1
0,29	0,26	0,38	0,43	0,34	0,49	0,56	0,53	0,58	0,57	0,63	0,59	0,55	0,59	0,62	0,63	0,61	0,68	α	−■−	2

1 Tempat duduk yang kosong dalam barisan
2 Tempat duduk yang terisi dalam barisan

Sumber: Auditoria Service Ltd/ University of Salford

Tempat duduk auditorium

Denah skala 1:50

Uji pengaturan di laboratorium
lebar 3,4 m × panjang 3,2 m

Pengujian tempat duduk 'cadangan' dari sebuah ruang konser besar dipakai sebagai program riset untuk melihat efek pembatas samping, tempat duduk yang terisi dan penempatan ruang sudut. Untuk masalah teknis, lihat buku *Measuring Auditorium Seat Absorption Journal of Acoustic Society of America*, Agustus 1994, 96 (2). Hal 879-888.

1 Tempat duduk yang terisi di sudut ruangan konser, dengan pembatas

2 Tempat duduk kosong di pusat ruangan laboratorium, dengan pembatas.

3 Tempat duduk kosong di pusat ruangan laboratorium, tanpa pembatas.

4 Tempat duduk kosong di sudut ruangan, dengan pembatas.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Hz	Kunci	
0,56	0,51	0,56	0,52	0,56	0,71	0,71	0,78	0,80	0,80	0,80	0,83	0,82	0,83	0,83	0,83	0,83	0,86	dB	-■-	1
0,53	0,43	0,49	0,48	0,59	0,71	0,73	0,80	0,81	0,86	0,83	0,83	0,82	0,80	0,81	0,80	0,83	0,85	dB	-+-	2
0,43	0,41	0,45	0,62	0,77	0,93	0,98	1,03	1,04	1,08	1,03	1,00	0,90	0,91	0,87	0,86	0,87	0,87	dB	-×-	3
0,53	0,46	0,50	0,47	0,53	0,65	0,65	0,70	0,72	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,74	0,70	0,68	0,69	dB	-□-	4

Sumber: University of Salford/
BDP Acoustics

Tempat duduk auditorium

Dinding

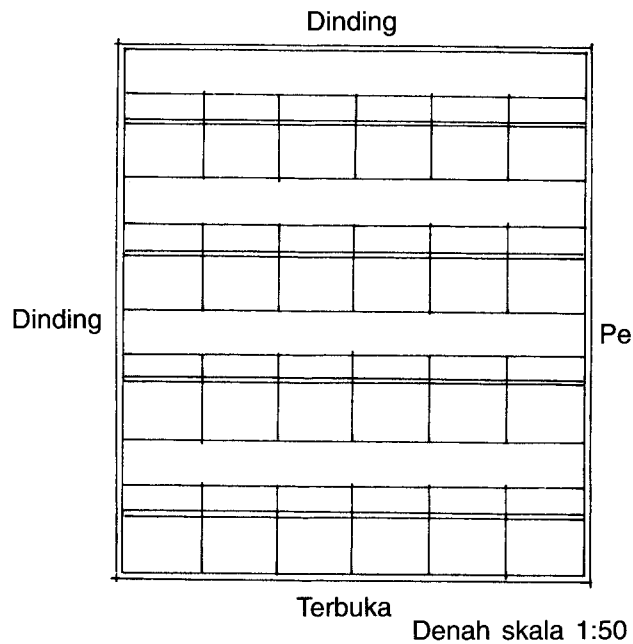
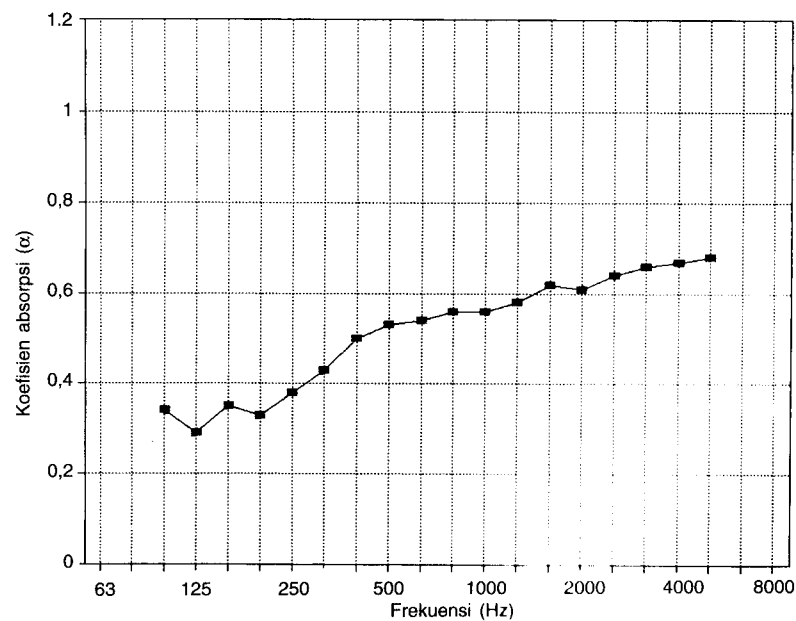
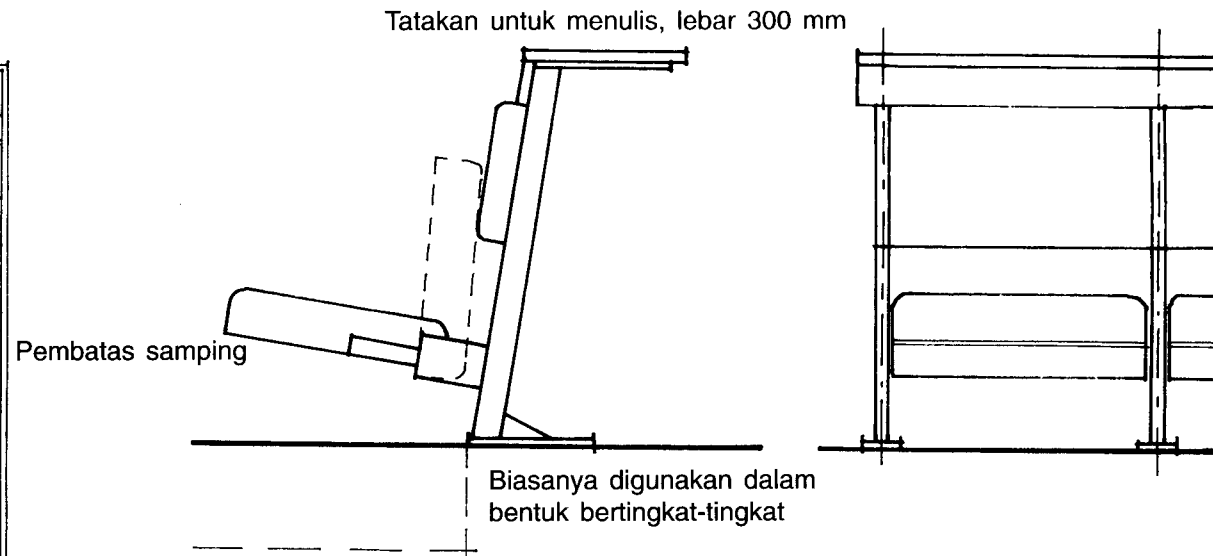
Dinding

Terbuka

Denah skala 1:50

Tatakan untuk menulis, lebar 300 mm

Pembatas samping

Biasanya digunakan dalam bentuk bertingkat-tingkat

Uji tata letak di laboratorium
3,05 m lebar × 3,4 m panjang
(jarak deretan 850 mm)

Sumber: Hussey Seating Systems (Europe) Ltd/ University of Salford

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Hz
0,34	0,29	0,35	0,33	0,38	0,43	0,50	0,53	0,54	0,56	0,56	0,58	0,62	0,61	0,64	0,66	0,67	0,68	α

Tempat duduk ruang kuliah, sistem teater

4 SARANA/PERLENGKAPAN

Kriteria

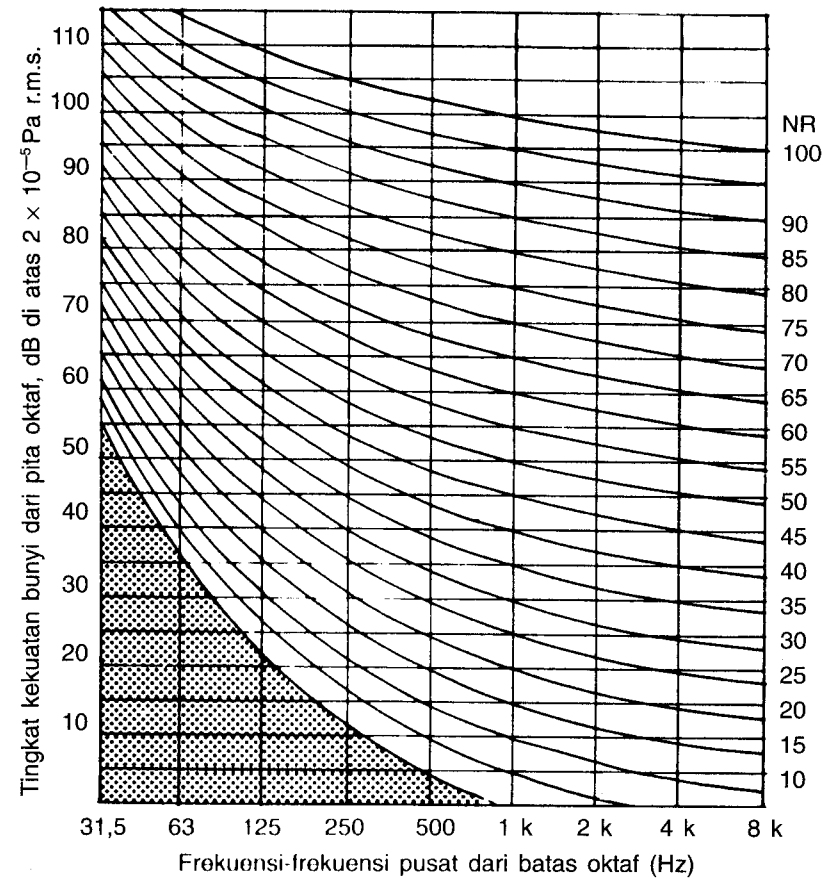
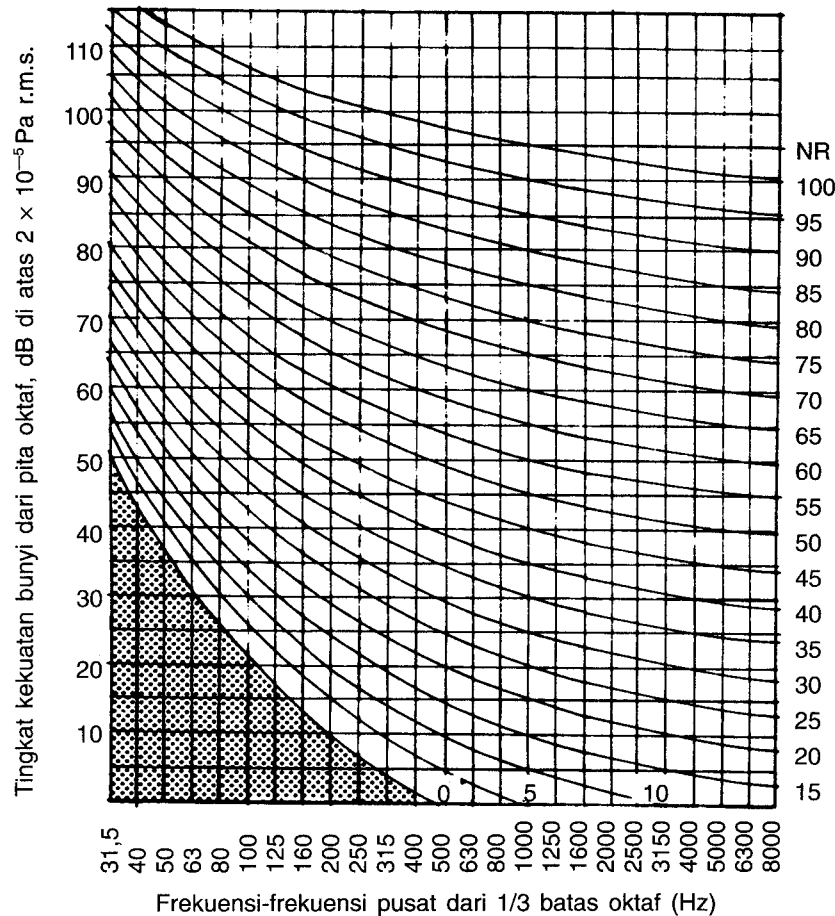
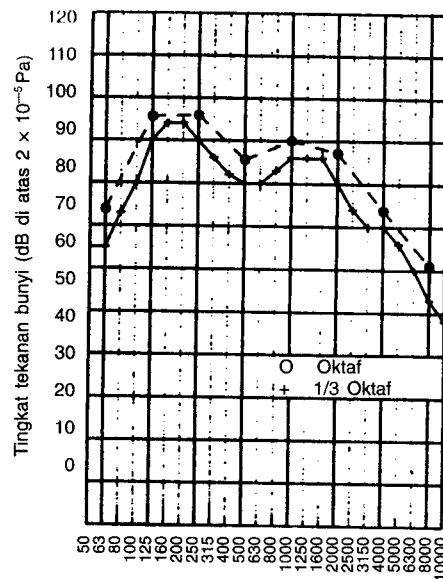
Tingkat kekuatan bunyi dari pita oktaf, dB di atas 2 × 10^{-5}Pa r.m.s.

110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10

NR 100 95 90 85 80 75 70 65 60 55 50 45 40 35 30 25 20 15

0 5 10

31,5 40 50 63 80 100 125 160 200 250 315 400 500 630 800 1000 1250 1600 2000 2500 3150 4000 5000 6300 8000

Frekuensi-frekuensi pusat dari 1/3 batas oktaf (Hz)

Kurva tingkat kebisingan bunyi
Mudah untuk menentukan tingkat bunyi bising tertentu dengan menggunakan kontur kekerasan bunyi yang sama karena dapat membedakan pendengaran seseorang untuk menangkap bunyi bising yang berfrekuensi rendah yang biasanya kurang disadari daripada frekuensi yang tinggi untuk tingkat kekuatan bunyi yang sama. Gambar kontur di atas merupakan kurva tingkat kebisingan bunyi (NR = Noise Rate), sedangkan bentuk lain adalah kurva PNC yang sangat mirip di hampir semua frekuensi. Gambar-gambar kurva dapat digunakan untuk memonitor ambiensi tingkat bunyi dalam ruang yang bukaannya tidak cocok untuk tingkat bunyi tinggi akibat faktor-faktor luar, ventilasi, mesin-mesin atau bunyi bising dari ruangan di sebelahnya. Batas tingkat maksimum distribusi spektrum bunyi bising, menentukan tingkat kurva NR-nya. Angka isolasi bunyi dapat digunakan untuk melihat bunyi yang menembus masing-masing batas frekuensinya.

Frekuensi pusat dari 1/3 pita oktaf (Hz)

Perbandingan hasil pengukuran dari bising yang sama: oktaf dan spektrum 1/3 oktaf.

Analisis kebisingan pada sebuah kantin

Perhatikan bahwa angka-angka yang digunakan adalah untuk menganalisis batas oktaf karena sepertiga dari batas oktaf membutuhkan pemakaian kurva-kurva yang berada di atas kurva-kurva NR (Noise Rate). Oleh karena lebar batasnya telah dikurangi, tingkat masing-masing komponen adalah 4,8 dB/penurunan oktaf dan sepertiga dari kurva NR oktaf membolehkan hal ini jika tingkat batas sepertiga oktaf ditambahkan. Angka yang lebih tinggi adalah hasil dari tingkat bunyi yang melampaui batas semua frekuensi.

Tingkat kebisingan yang direkomendasikan Untuk pengendalian ambien bunyi bising agar sesuai penggunaannya	NR
Ruang-ruang studio untuk rekaman atau siaran radio	15
Ruangan konser	15—20
Teater, ruang serba guna, ruang konferensi, ruang pengadilan	25
Bangsal rumah sakit, kamar-kamar tidur hotel, perpustakaan	25—30
Ruang-ruang kelas, ruang rapat untuk jumlah yang terbatas, kantor-kantor pada umumnya	30
Restoran, kantor dengan denah terbuka	35
Kafetaria, sirkulasi	40
Dapur, kamar kecil dan bengkel, ruang komputer	45
Tempat parkir, pusat perbelanjaan, bus, kereta, atau anjungan di lapangan terbang	50
Kantor (ruang cetak)	55
Bengkel, industri pemprosesan	65

Kriteria yang diinginkan 5-10 di atas tingkat NR yang direkomendasikan, tergantung pada spektrum kebisingan.

Beberapa kurva referensi

Kurva-kurva NR (Noise Rate) cenderung digunakan di Eropa, sedangkan di Amerika digunakan kurva PNC 1971 (1971 Preferred Noise Criteria) yang telah menggantikan kurva-kurva NC (Noise Criterion) sebelumnya. Mereka belum dapat menerimanya secara keseluruhan. Perbandingan dengan Equal Loudness Contour (garis kontur suara yang berkekuatan sama) menunjukkan keinginannya untuk menetapkan kurva-kurva untuk mencerminkan perbedaan sensitivitas telinga pada bagian yang berbeda-beda untuk berbagai jenis frekuensi.

Nilai kriteria (dalam dB)

Nilai kriteria	Kriteria	OBCF (Hz) 31,5	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k
15	NR	66	47	35	26	19	15	12	9	7
	PNC	58	43	35	28	21	15	10	8	8
20	NR	69	51	39	31	24	20	17	14	13
	PNC	59	46	39	32	26	20	15	13	13
25	NR	72	55	44	35	29	25	22	20	18
	PNC	60	49	43	37	31	25	20	18	18
30	NR	76	59	48	40	34	30	27	25	23
	PNC	61	52	46	41	35	30	25	23	23
35	NR	79	63	52	45	39	35	32	30	28
	PNC	62	55	50	45	40	35	30	28	28
40	NR	83	67	57	49	44	40	37	35	33
	PNC	64	59	54	50	45	40	36	33	33
45	NR	86	71	61	54	49	45	42	40	38
	PNC	67	63	58	54	50	45	41	38	38

Pengukuran bising

Dengan tidak adanya standar internasional yang dapat digunakan secara umum untuk mengukur kebisingan dari sarana pelengkap, Asosiasi Konsultan Kebisingan (ANC) telah menerbitkan beberapa pedoman. Catatan ini hanyalah intisarinya saja. Bising yang terdengar terus menerus adalah suara yang lepas dari fluktuasi pendengaran pada tingkat atau muatan frekuensinya.

Tingkat-tingkat minimum , maksimum atau puncak tidak boleh digunakan. Tingkat kebisingan tertentu dan bunyi sisa (suara latar belakang jika tidak ada yang terdengar jelas) harus diperhitungkan, pada saat mesin sedang bekerja normal, kemudian dimatikan .

Mengukur pada saat yang paling berisik biasanya pada posisi ruang sedang digunakan, atau pada kisi di seluruh ruang yang luas. Tinggi mikrofon 1,2-1,5 m dan jauhnya lebih dari 1,5 m dari sumber bising, atau 1 m dari permukaan yang dapat memantulkan bunyi.

Alat ukurnya harus jenis 0, 1 atau 2 sesuai BS 5969, penyaring oktaf BS 2474, kalibrator IEC Kelas 0 atau*1.

Batas-batas yang dapat diandalkan untuk mengukur

Jenis pengukur tingkat bunyi	Batas yang dapat kehandalan (+/—)
Tipe 0	
31,5—63 Hz	1,0 dB
125 Hz—2 kHz	0,7 dB
4 kHz*	1,2 dB
8 kHz*	2,2 dB
Tipe 1	
31,5—63 Hz	1,5 dB
125 Hz—2 kHz	1,0 dB
4 kHz*	1,5 dB
8 kHz*	2,5 dB
Tipe 2	
31,5—63 Hz	1,8 dB
125 Hz—2 kHz	1,3 dB
4 kHz*	3,3 dB
8 kHz*	8,3 dB

Angka-angka pada 4 kHz dan 8 kHz berlaku untuk kondisi tanpa gema dan kasus-kasus di mana posisi mengukurnya dekat dengan sumber bunyi berisik yang dominan. Hal ini akan berlaku untuk semua kasus. Untuk kondisi di mana ada gema yang jauh dari sumber kebisingan, batas yang berlaku berkisar dari 125 Hz sampai 2*kHz.

Telah diasumsikan bahwa akan digunakan kalibrator Kelas 1. Jika menggunakan kalibrator Kelas 0, harus dikurangi dengan 0,1*dB dari angka yang tercantum dalam tabel.

Angka-angka dalam tabel ini telah dikembangkan dengan memperhatikan angka-angka yang tercantum dalam BS 5969, dan sesuai dengan pengalaman yang umumnya dialami oleh anggota-anggota ANC. Secara khusus, tabel-tabel mengasumsikan pada kondisi bidang yang tidak menyebarkan bunyi, mikrofonnya diarahkan ke sumber bunyi yang dominan atau dalam batas kemiringan sudut +/—30 derajat, dan sebuah mikrofon yang berbidang bebas digunakan agar sesuai dengan BS 5969.

Mengukur tingkat kekuatan bising pelengkap bangunan.

Jenis bising	Terus-menerus	Terputus-putus.
Teratur	$L_{90,T}$[1]. T tidak kurang dari 10 detik	Seperti untuk bunyi bising yang teratur dan terus menerus — ukurlah keduanya dengan mesin dalam keadaan hidup (atau tinggi) dan mati (atau rendah)[2].
Tidak teratur	L_{eq}[1] dan	Seperti untuk bunyi bising yang tidak teratur dan terus menerus—ukurlah keduanya dengan mesin dalam keadaan hidup (atau tinggi) dan mati (atau rendah)[2].
	Tertinggi L_{eq} selama 30 detik[4]	
	Di mana irama bunyi bising untuk jangka waktu lebih dari 30 detik, ukur keduanya ketika bunyi bising pada titik tingkat yang paling tinggi dan pada titik tingkat paling rendah dari satu irama[5].	
Berubah mendadak	Seperti pada bunyi bising yang tidak teratur, tetapi terus-menerus.	Seperti pada bunyi bising yang tidak teratur, tetapi terputus-putus[2].

[1] SPL perlahan minimum dapat digunakan sebagai indikasi umum tingkat suara, tetapi jika terjadi keraguan, dipilih L_{90T}. Perlu dicatat bahwa parameter lain L_n diukur dan menghasilkan tingkat bunyi yang berada di bawah spesifikasi di atas, di mana n < 90, L_{90} juga harus di bawah tingkat yang ditentukan (mis. $L_{90} < L_{10}$). Boleh juga diasumsikan bahwa tingkat L_{eq} berada di atas tingkat L_{90} untuk sembarang sumber bunyi yang diukur.

[2] Jika level bunyi tidak ditentukan untuk menutupi bunyi bising yang ada, biasanya cukup hanya dengan mengukur pada kondisi hidup atau tinggi .

[3] Untuk melakukan pengukuran L_{eq} dan L_n, pengukur level bunyi harus diset untuk bobot waktu I.

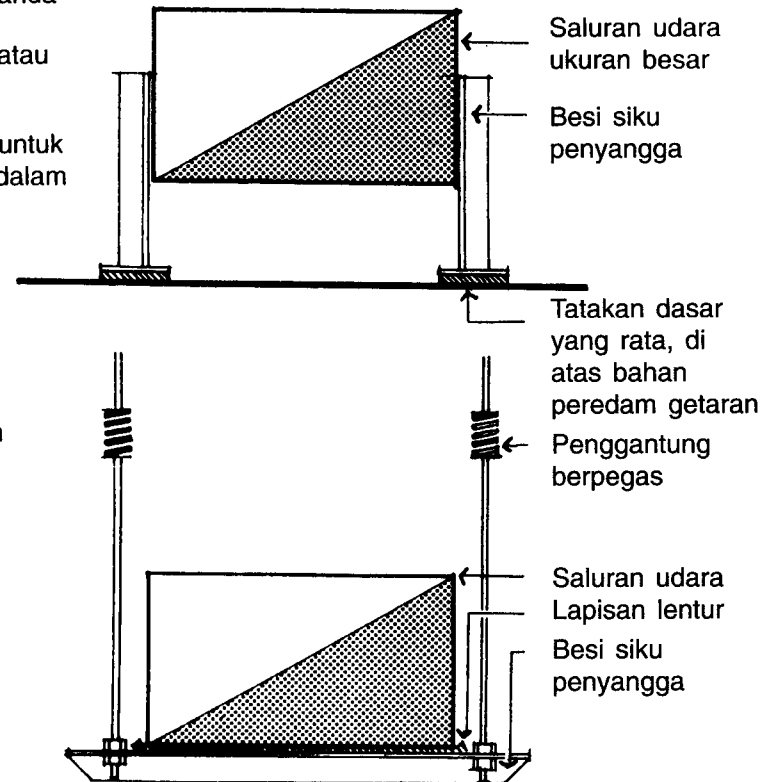
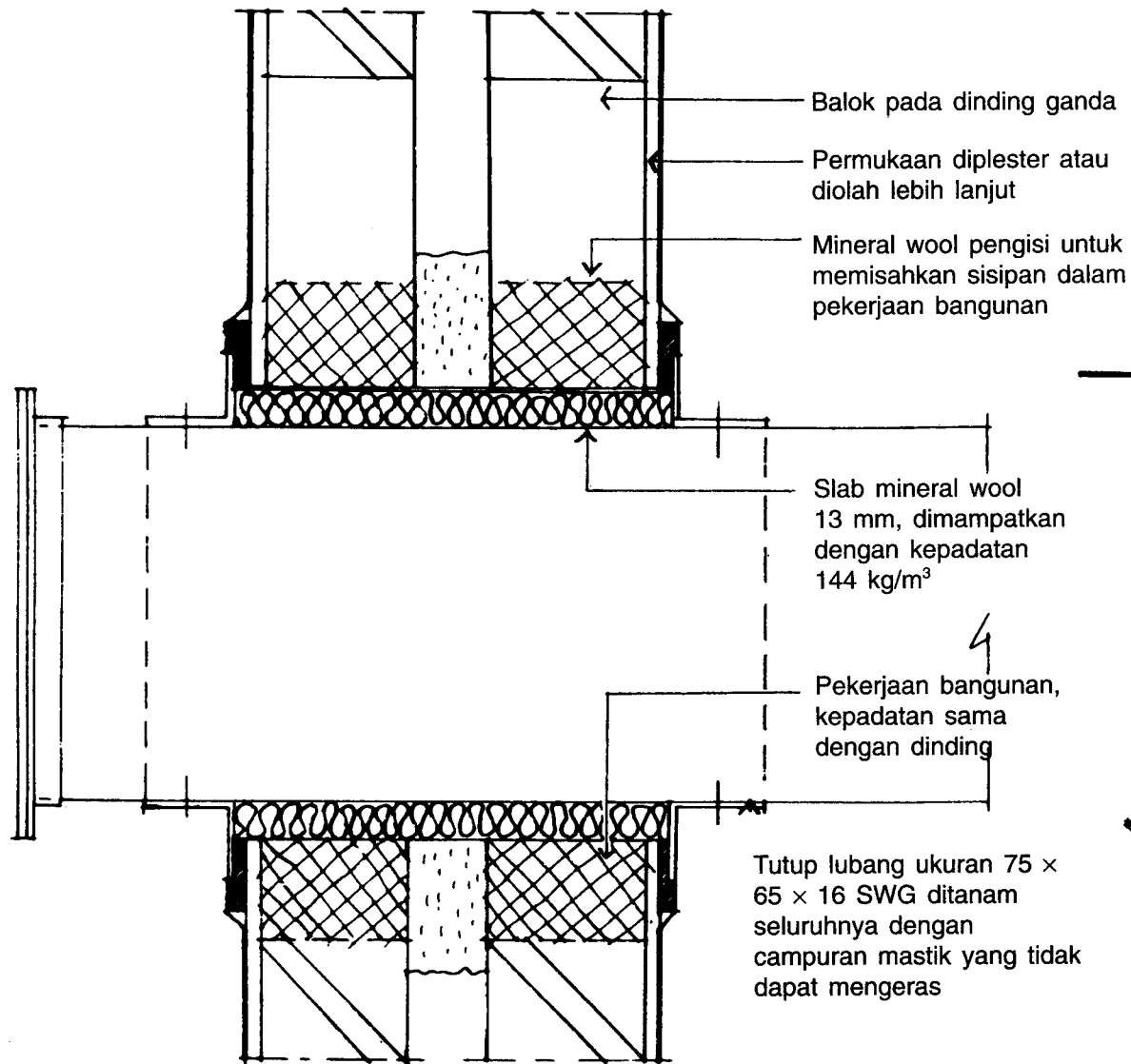
[4] Perkiraan terhadap $L_{eq,1dtk}$ dapat diperoleh dengan mengukur $L_{1,100 dtk}$ atau maksimum SPL lambat, tetapi yang terakhir tersebut bukanlah metode yang dikehendaki karena ukurannya tidak distandardisasikan dan hasilnya dapat bervariasi untuk alat ukur yang berbeda. Oleh karena itu, jika terjadi keraguan, pemakaian $L_{eq,1 dtk}$. lebih disukai.

[5] Mungkin para konsultan juga menerimanya sebagai perintah untuk mengukur dan mencatat $L_{90, 30 dtk}$. karena hal ini dapat mengarah ke cara yang obyektif dalam mempelajari bunyi bising yang berirama tetap.

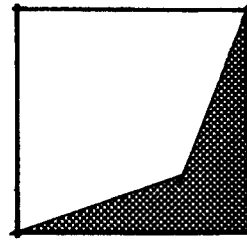
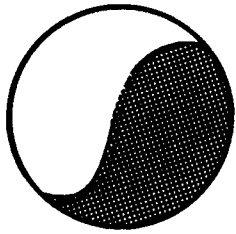
Pengukuran untuk membuktikan kesesuaiannya dengan kriteria yang ada

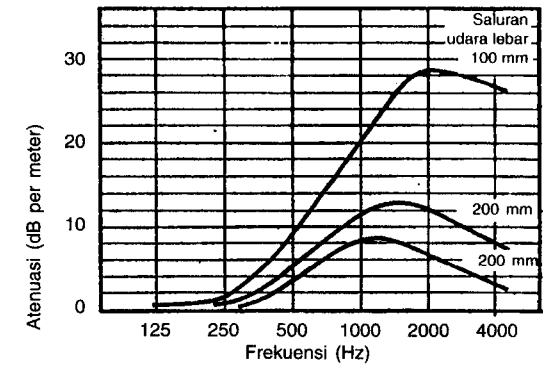
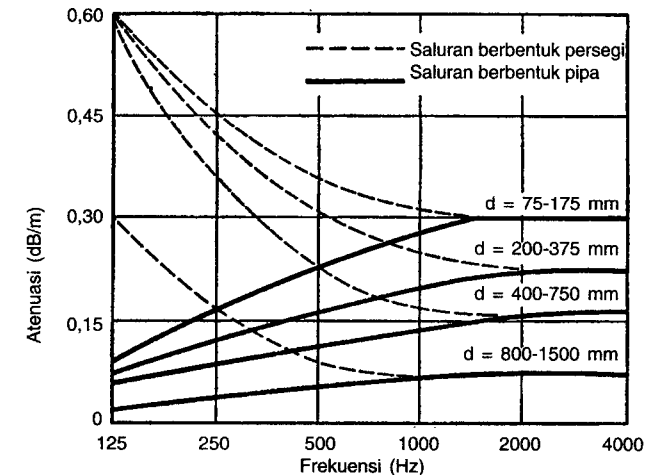
Jenis bising	Terus-menerus	Terputus-putus.
Teratur	$L_{90,10 dtk}$ yang diukur tidak melebihi tingkat yang ditetapkan	$L_{90,10 dtk}$. tertinggi melampaui tingkat yang ditetapkan
Tidak teratur	$L_{eq, 30 dtk}$ tidak melebihi tingkat yang ditentukan. Nilai tertinggi L_{eq} tidak melampaui tingkat yang lebih dari 2dB pada batas oktaf mana pun*[1].	Seperti pada bising yang terus menerus, tetapi tidak teratur.
Berubah mendadak	Seperti pada bising yang terus menerus, tidak teratur, tetapi 5 (NR,NC, dB(A), dll.) dikurangi dari tingkat yang telah ditetapkan.	Seperti pada bising yang tidak teratur, berubah-ubah mendadak tetapi 5(NR, NC, dB(A), dll.) dikurangi dari tingkat yang telah ditentukan.
Ber-nada suara	Jika sebagai tambahan terhadap sifat bunyi bising tersebut bernada, 5[2] unit (NR, NC, dB(A), dll.) dikurangi dari tingkat yang telah ditetapkan. (Di mana bising tersebut baik yang bernada atau berubah-ubah secara mendadak, angka koreksi seluruhnya 10 unit).	

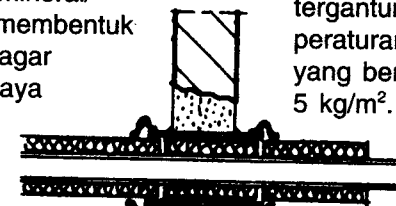
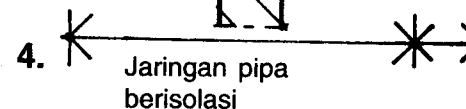
[1] Di mana tingkatnya telah ditentukan hanya dalam hal dB(A), angka tertinggi $L_{eq,1 dtk}$ tidak melebihi kriteria yang ditentukan lebih dari 2 dB(A).

[2] Hal ini konsisten dengan koreksi yang diusulkan dalam Pedoman CIBSE A1.

Sumber: BBC Engineering

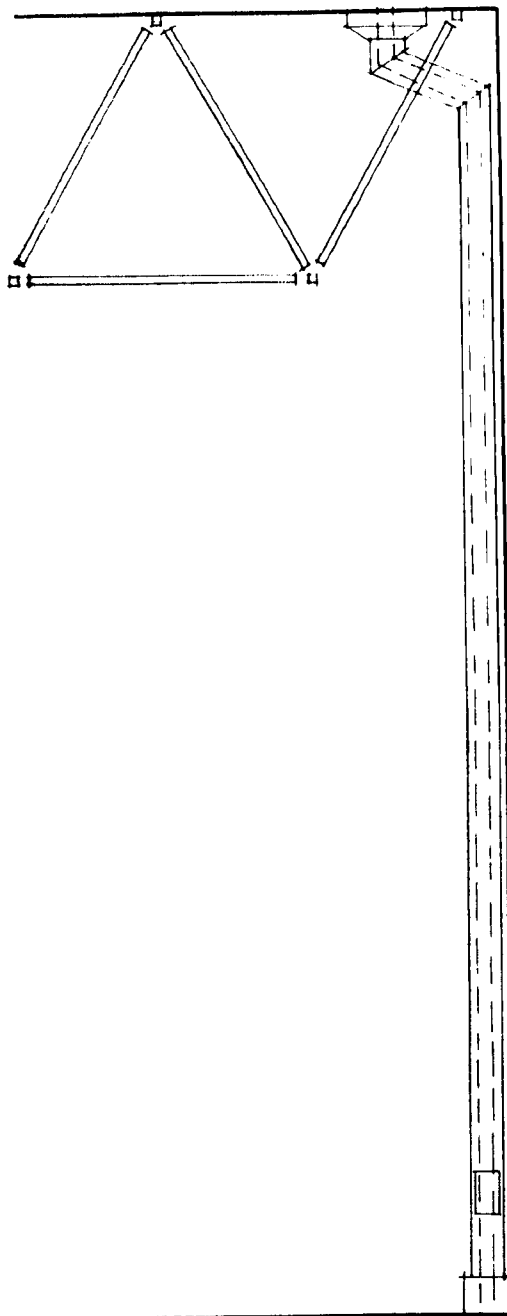
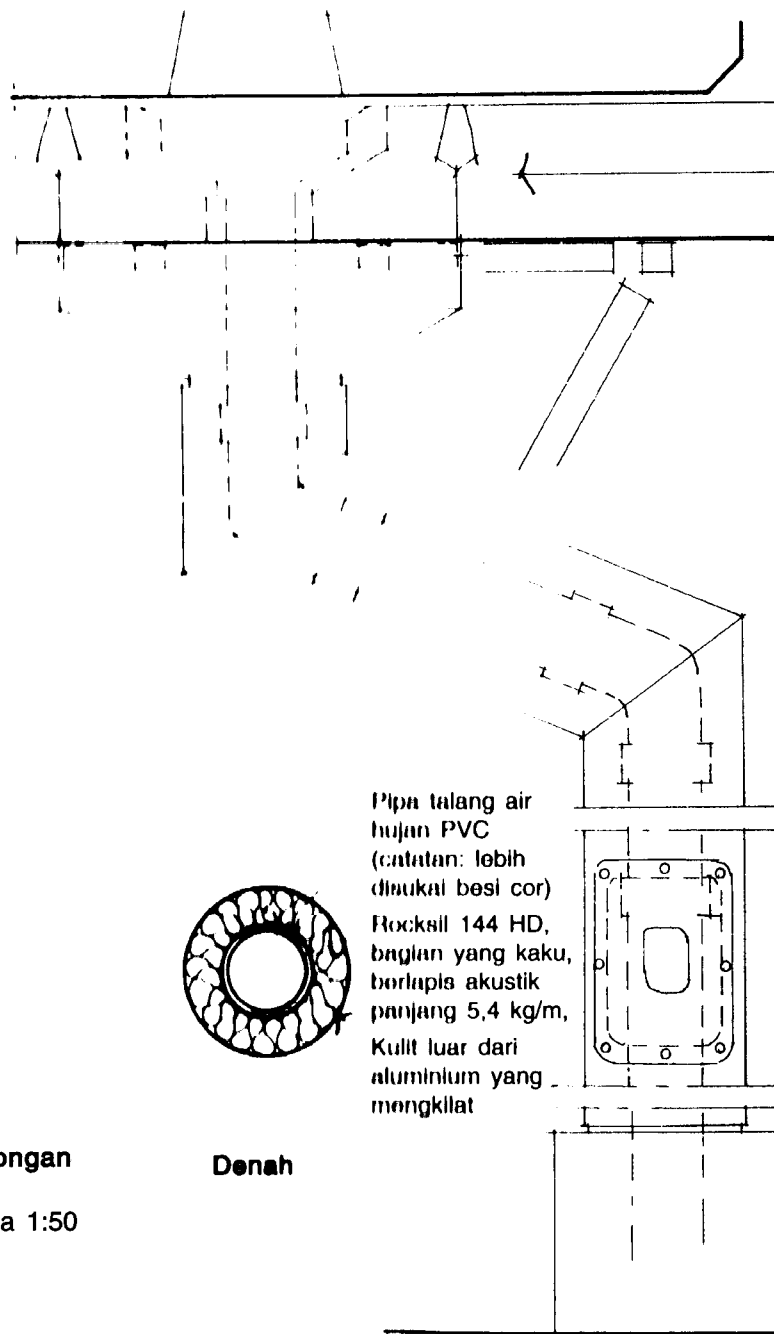
Pemasangan saluran udara

Saluran berbentuk pipa dibandingkan dengan bentuk segi empat

Saluran bentuk pipa secara alamiah sudah kaku dan ukuran kelilingnya pada arah gambar potongan, kecil: bunyi bising tersimpan di dalam pipa, ketimbang merambat ke luar menuju ruang. Penggunaan saluran bentuk pipa mungkin lebih cocok jika jaringannya diperlihatkan (exposed). Memperkecil bunyi dengan benda berbentuk lingkaran cenderung kurang efisien: dalam praktek, seringkali diperlukan alat penghubung antara saluran bentuk lingkaran dengan peredam bunyi yang berbentuk segi empat.

Saluran bentuk segi empat mempunyai dinding-dinding yang kurang kaku dan bunyi bising dari dalam menggetarkan bagian logam yang datar. Hal ini menimbulkan frekuensi rendah yang berguna mengurangi kerasnya bunyi sepanjang saluran. Juga terdapat bidang yang lebih luas pada bagian dalam saluran jika dilapis dengan mineral wool: menggunakan saluran segi empat atau bujur sangkar memang cocok jika dipasang dalam rongga langit-langit. Menyalurkan atau menyedot udara bunyi dengan bunyi bising yang rendah, sifat bawaan yang memperkecil bunyi secara alamiah, memungkinkan usaha peredaman bunyi sepanjang saluran lebih murah. Membungkus saluran, pada khususnya untuk saluran berukuran kecil dan untuk bunyi berfrekuensi tinggi, memang efektif.

Atenuasi dengan membungkusnya dengan lapisan mineral wool tebal 25 mm

Atenuasi pada saluran tanpa lapisan peredam dengan lebar minimal d .

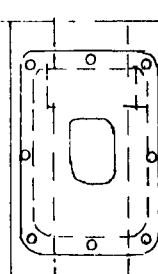
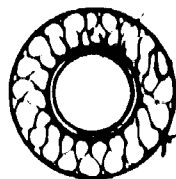
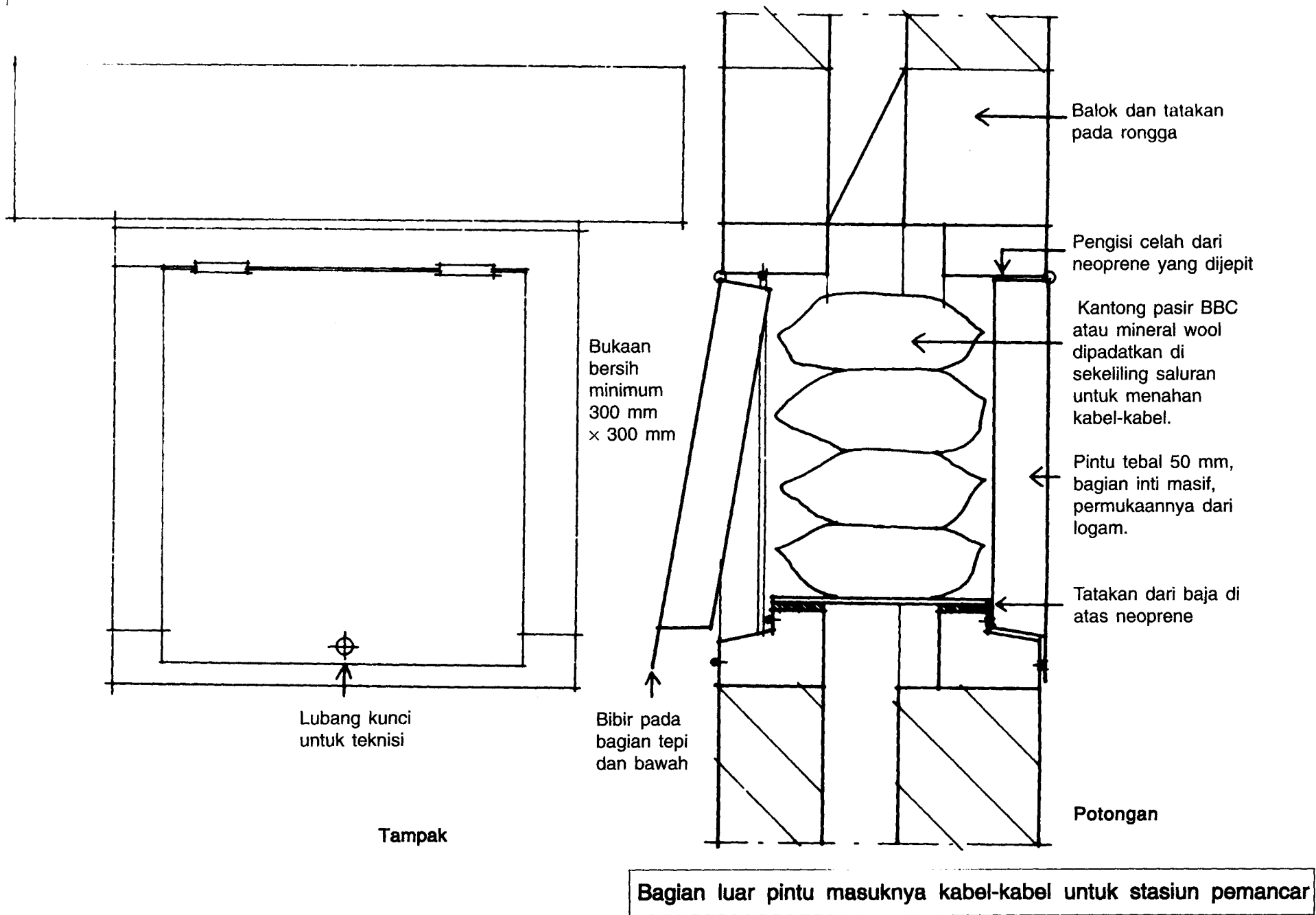
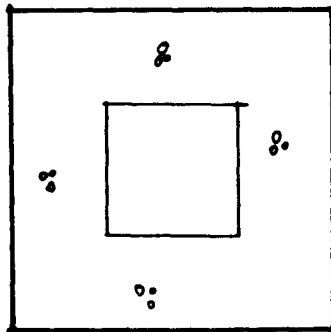
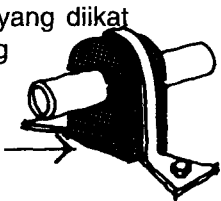
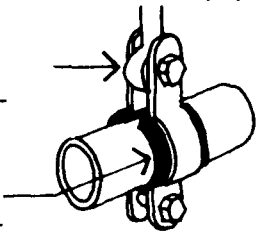
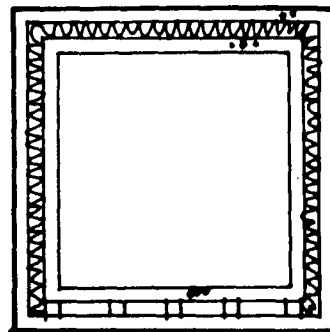
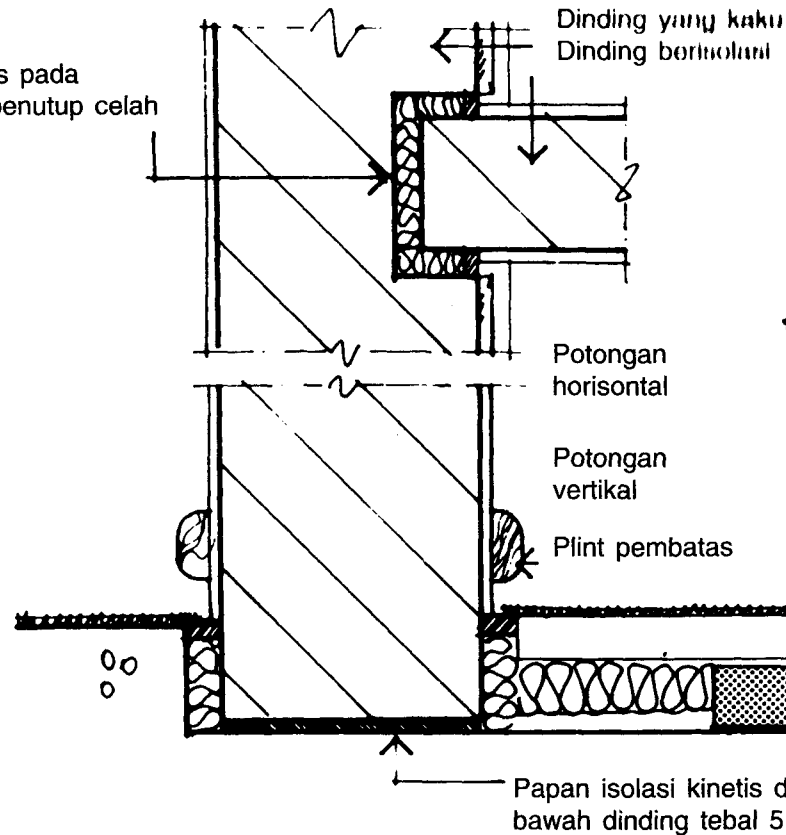
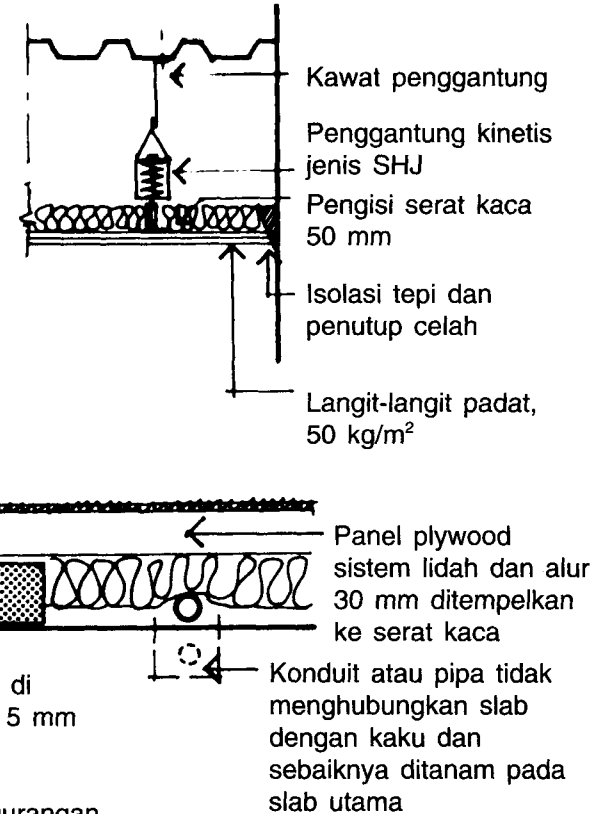
Catatan: Seharusnya dinding tidak boleh digunakan sebagai penyangga pipa – efek dari penambahan beban cair dalam pipa harus diperhitungkan dengan menyesuaikan pegas penggantungnya.

Cara yang benar dalam pemasangan jaringan pipa menembus tembok agar terjadi penyekatan yang baik

Sumber: Arup Acoustics

Lubang-lubang pipa

Potongan detail
Skala 1:10

Pipa talang air hujan tidak boleh diabaikan sebagai mata rantai yang lemah pada isolasi bunyi dan bising yang ada di dalam pipa. Pada fasilitas kegiatan produksi TV Granada (bersifat industri ketimbang studio) detail ini digunakan untuk memperkecil bising yang keluar dari pipa (dan juga kondensasi).

Penutup jaringan pipa

Bagian luar pintu masuknya kabel-kabel untuk stasiun pemancar

Pemasangan pipa yang lentur
Hindarkan kemungkinan merambatnya kebisingan di sepanjang jalur pipa yang ditimbulkan kembali melalui struktur dan adanya bunyi klak-klik akibat suhu yang menggerakkan pipa di tempat pemasangannya.

Sistem isolasi
Memungkinkan pengurangan suara lebih besar dari 3 × massa. Setiap kelipatan massa, hanya mencapai tambahan 5 dB pada angka SRI.
Menutup dengan SRI yang setara (SRI dB)

Catatan: Konstruksi komposit ringan cocok untuk, misalnya: kantor-kantor untuk mencegah merambatnya pembicaraan (frekuensi tinggi) tetapi konstruksi komposit berat diperlukan untuk menyaring frekuensi rendah, misalnya suara mesin-mesin pabrik.

Sumber: Sound Attenuators Ltd

Isolasi kebisingan

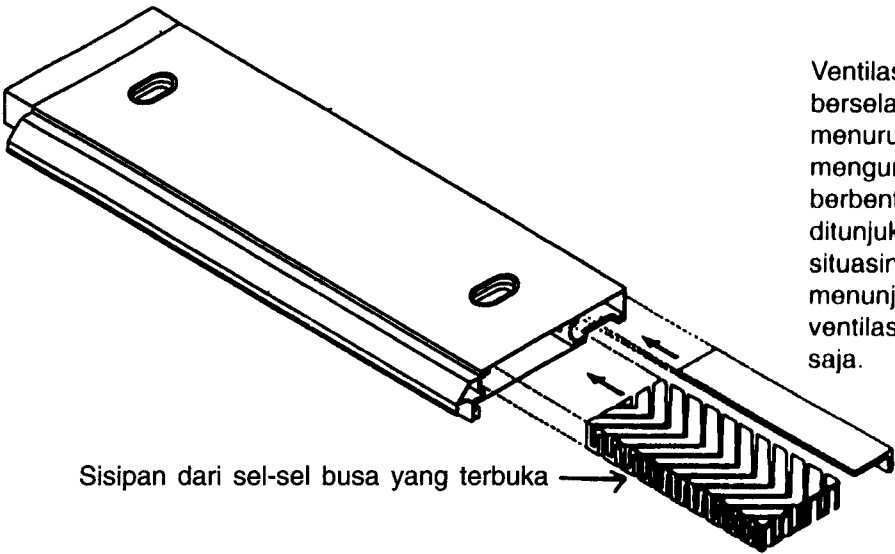
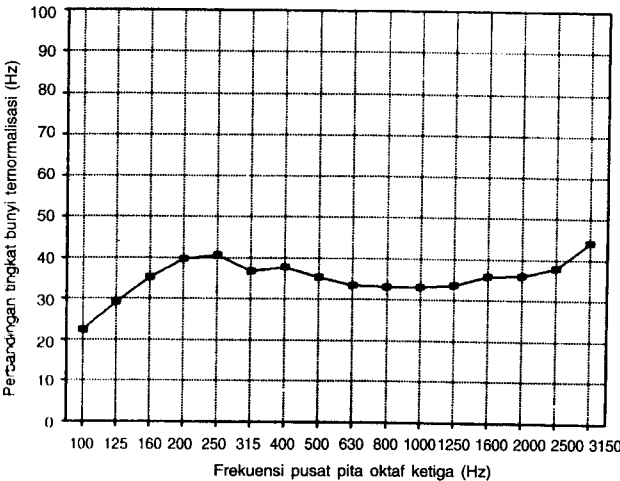
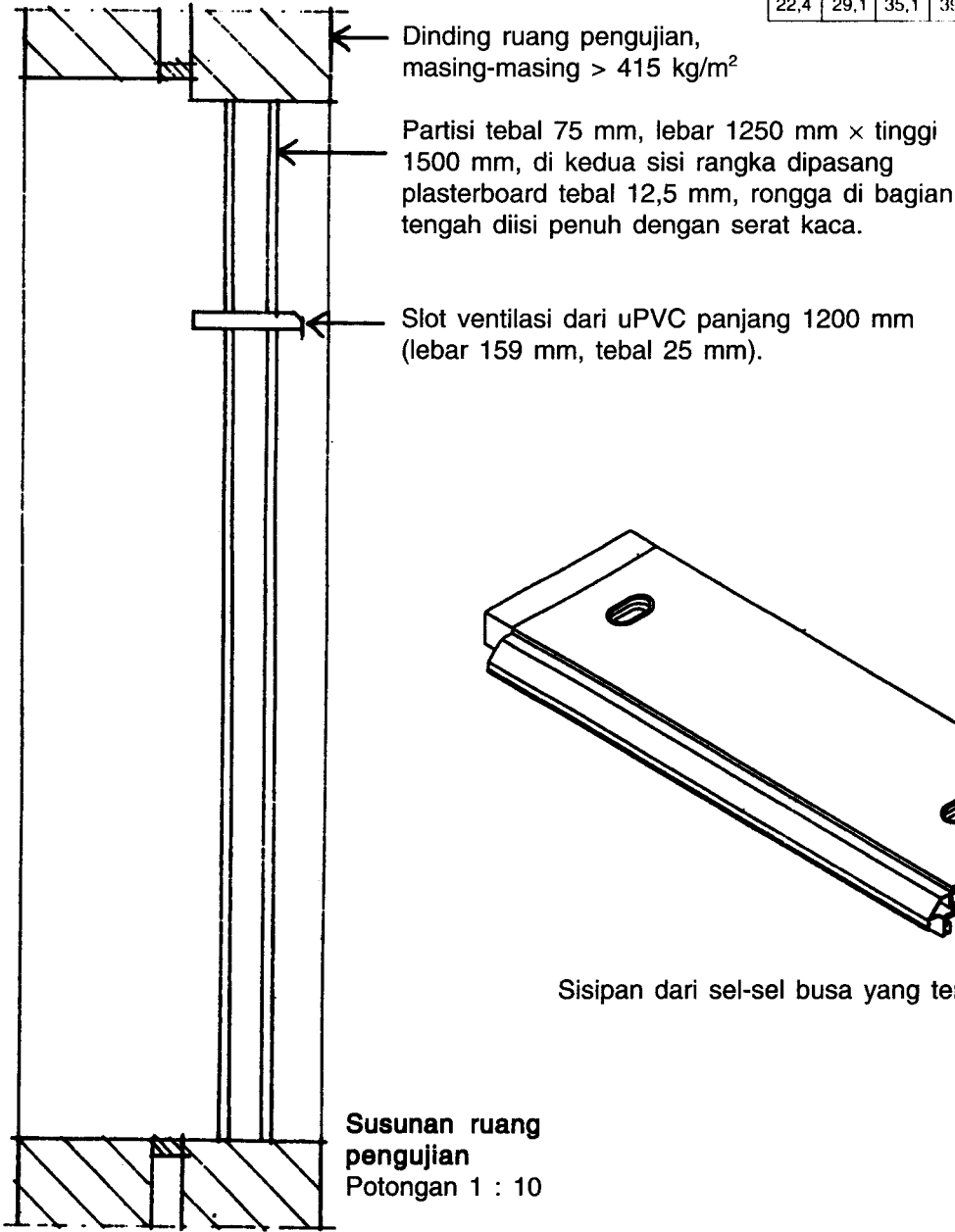
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	$D_{n,w}$	Kunci
22,4	29,1	35,1	39,6	40,6	36,7	37,7	35,3	33,4	33,1	33,0	33,5	35,8	36,0	37,8	44,1	dB	35	—■—

Dinding ruang pengujian, masing-masing > 415 kg/m^2

Partisi tebal 75 mm, lebar 1250 mm × tinggi 1500 mm, di kedua sisi rangka dipasang plasterboard tebal 12,5 mm, rongga di bagian tengah diisi penuh dengan serat kaca.

Slot ventilasi dari uPVC panjang 1200 mm (lebar 159 mm, tebal 25 mm).

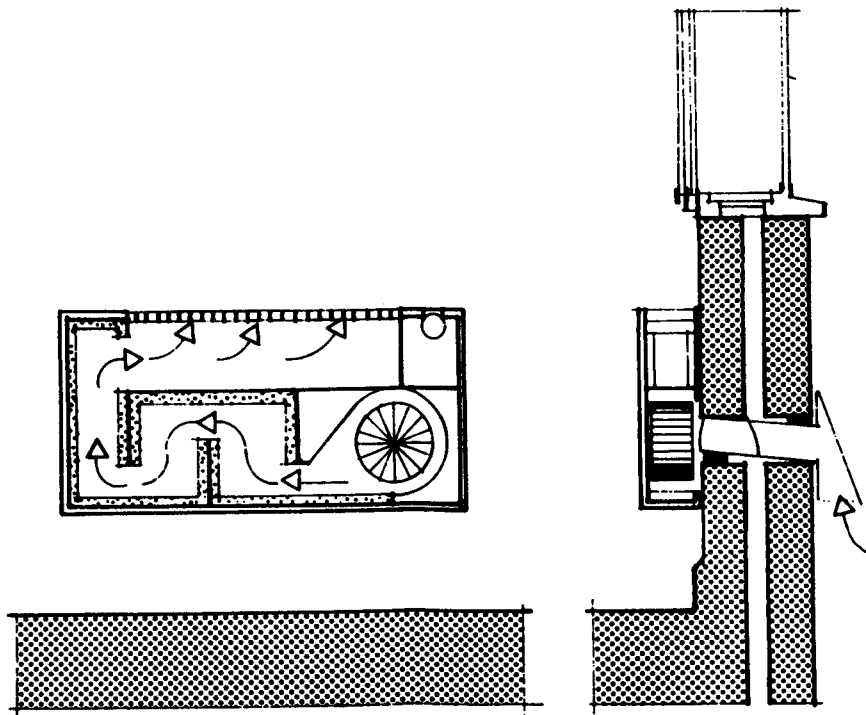
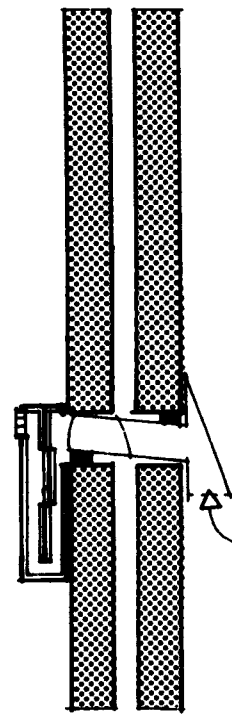
Perbandingan tingkat bunyi ternormalisasi (Hz)

Frekuensi pusat pita oktaf ketiga (Hz)

Ventilasi permanen dengan pengendali yang berselang-seling dapat secara signifikan menurunkan kemampuan jendela dalam hal mengurangi suara yang masuk. Alur udara berbentuk labirin dan penyerapan, seperti ditunjukkan dalam contoh ini, memperbaiki situasinya. Perlu dicatat bahwa hasilnya menunjukkan adanya kerja sama antara ventilasi dan partisi, bukannya alat ventilasi saja.

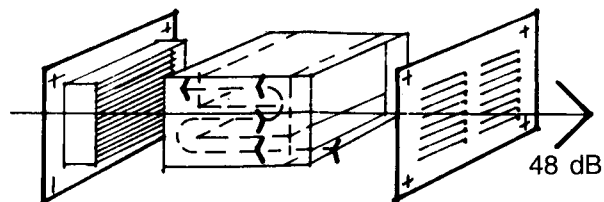
Sisipan dari sel-sel busa yang terbuka

Susunan ruang pengujian
Potongan 1 : 10

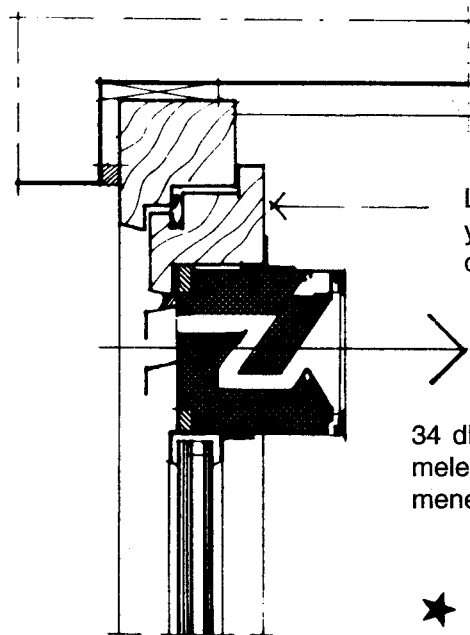
Sumber: L.B. Plastic Ltd/AIRO

Jendela yang menjadi ventilasi

Alat ventilasi mekanis

Ventilasi yang permanen

Skala 1:20

Alat ventilasi yang bekerja dengan alur seperti labirin untuk aliran udara, dilapis dengan material penyerap bunyi, menyerap bising dari luar. Kipas angin listrik yang digunakan juga tidak boleh menimbulkan suara bising. Bantuan ini memungkinkan pemakaian di ruang keluarga dan kamar tidur.

Alat ventilasi jenis bata kerawang dipasang pada dinding.

Alat ventilasi pada dinding telah digunakan secara luas oleh pemerintah daerah untuk rumah-rumah yang berdekatan dengan jalan raya yang berisik, jalan kereta api atau lapangan terbang agar dapat mengatenuasi ventilasi alam. Bantuan dana yang diberikan untuk jalan-jalan baru menyebabkan > 68 dB L_{A10} (18 jam).

Alat ventilasi

★ Model Z100

Model ZR 150

Penyerap bunyi linier dengan bagian utama aluminium berlapis anoda. Potensi yang ada sampai 200 m^3 udara/jam/meter panjang. Digunakan di kantor-kantor dan perumahan.

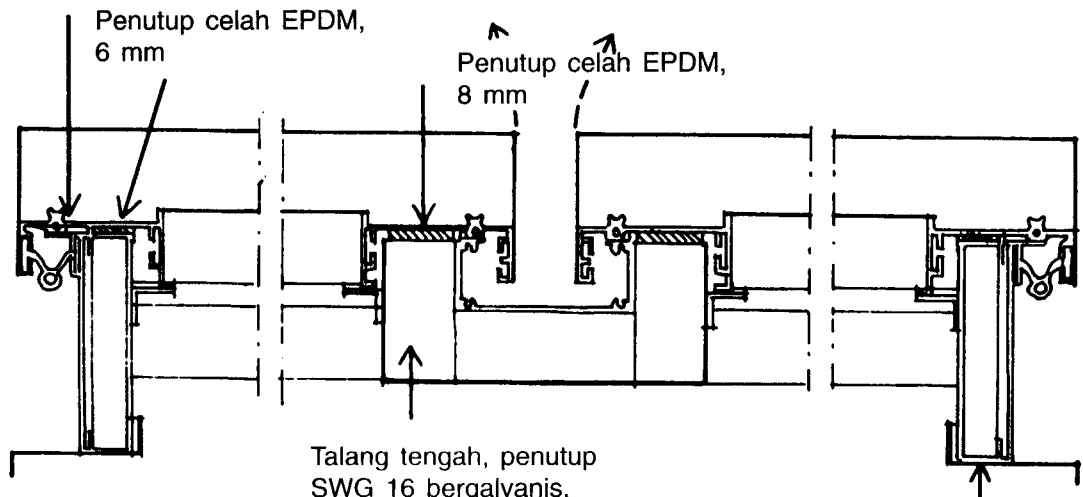
Potongan

Ukuran-ukuran potongan 100 × 100, 150 × 150

Alat ventilasi yang bekerja linier

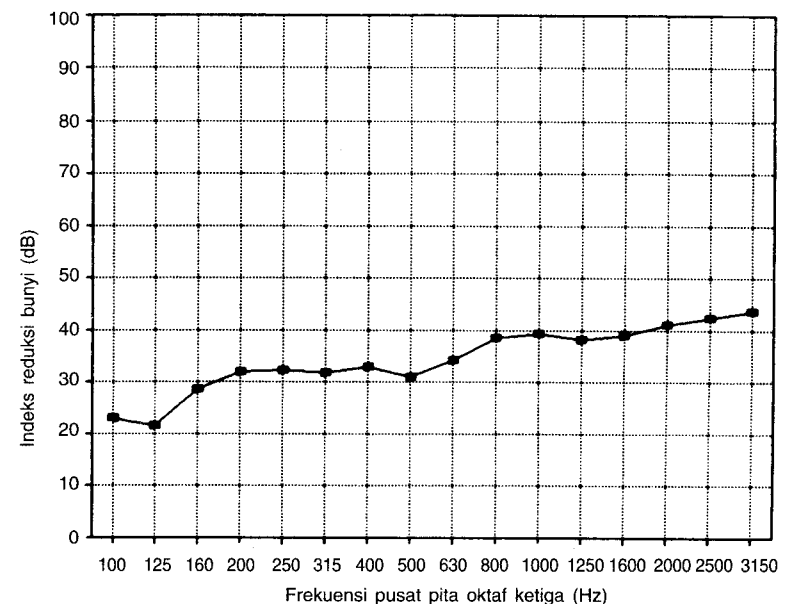
Ventilasi bertenaga listrik atau pasif

Sumber: Gretsch-Unitas GmbH

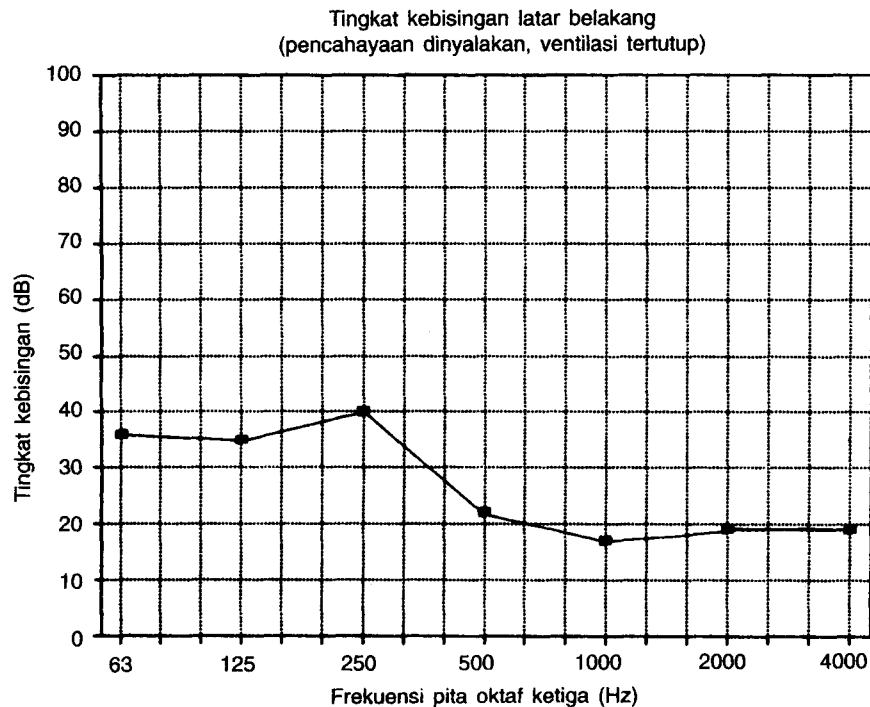
Alat ventilasi

Alat ventilasi di atap dengan 2 sayap TF 3000 bertenaga listrik otomatis

1755 × 2090 mm, 80 kg

Alat ventilasi standar untuk industri dalam rangkaian yang dapat dinyalakan dari salah satu tempat dapat menurunkan isolasi bunyi atap auditorium sehingga suara air hujan atau suara berisik hujan es, masih terdengar pada tingkat tertentu. Peningkatan seperti ini dapat memperkecil masalah.

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	R_w
22,9	21,5	28,5	32,0	32,2	31,7	32,9	30,9	34,1	38,5	39,3	38,1	38,9	41,1	42,3	43,6	dB	38

Sumber: Lidiard & Skelton Ltd/University of Salford

Lampu pijar

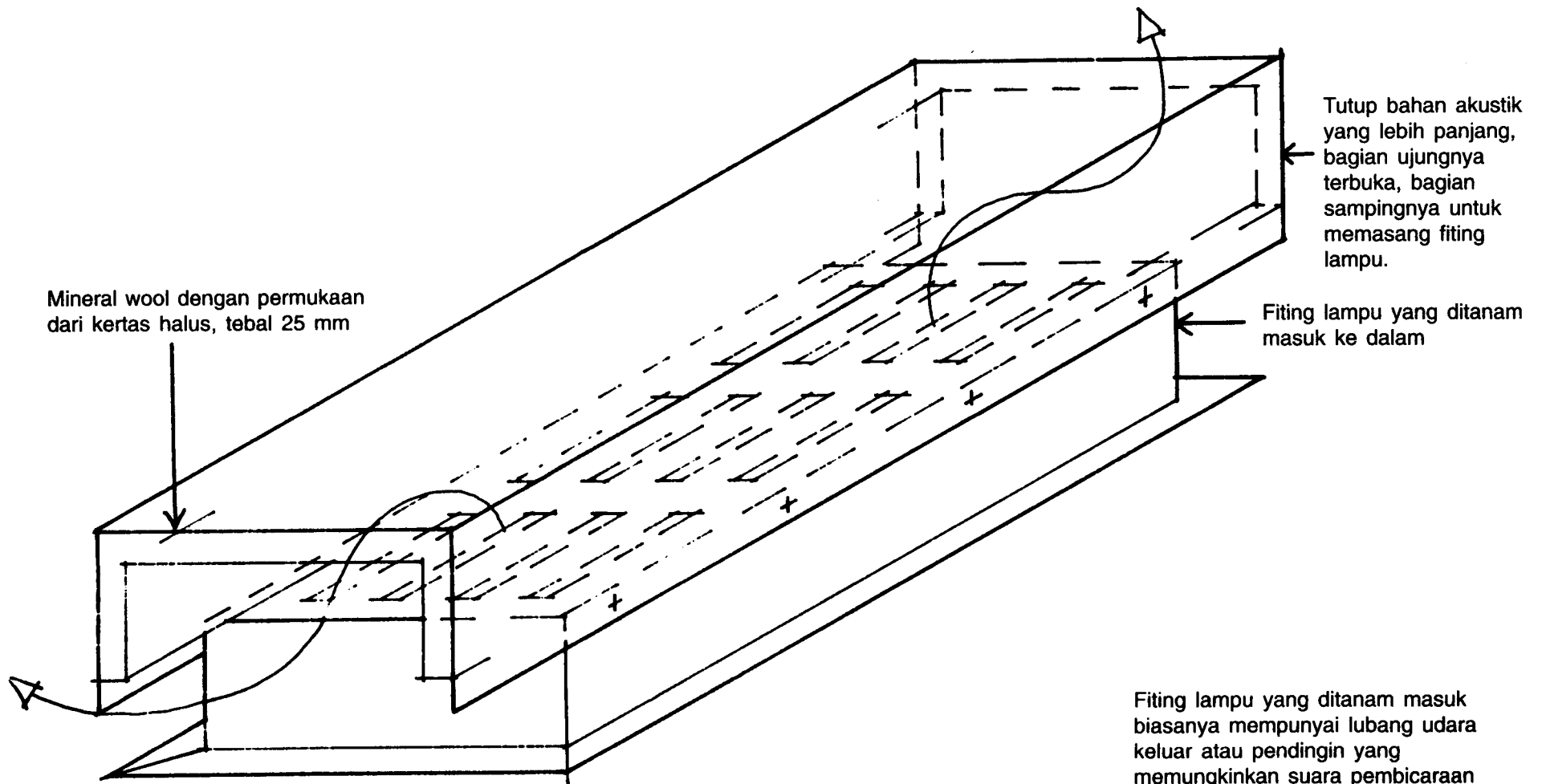
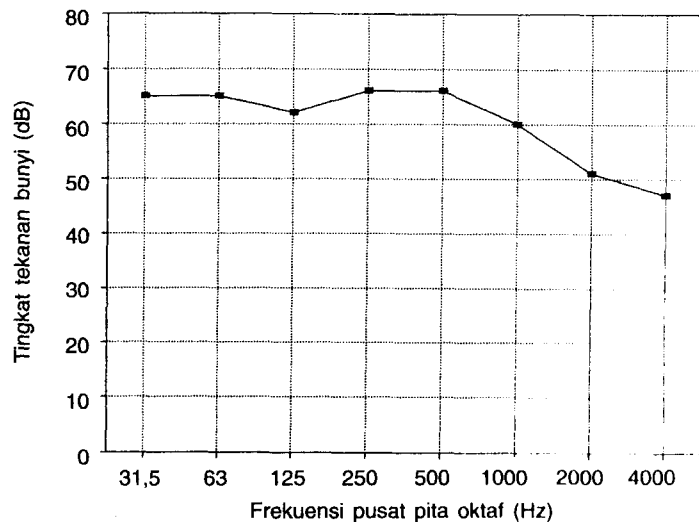
Lampu pijar hanya sedikit mengeluarkan kebisingan kecuali jika hampir mati: filamennya akan bergetar. Oleh karena itu cahaya lampu pijar digunakan untuk kamar-kamar yang tidak boleh ada gema atau ruang-ruang yang sensitif terhadap kebisingan. Pengendali cahaya (dimmer) pada lampu penerangan mungkin menyebabkan timbulnya bunyi pada saat lampu diredupkan.

63	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
36	35	40	22	17	19	19	dB

Cahaya yang kuat dapat menyebabkan bunyi yang cukup keras pada frekuensi-frekuensi tertentu. Distribusi pada LHS berjumlah 55.400 W terang cahaya (jenis HPI MBI penerangan khusus untuk sport) yang dipasang di bawah permukaan catwalk . Di dalam ruang sport serba guna yang besarnya 11.300 m³ dan RT = 2 detik pada frekuensi tengah. Tingkat ambiensi bunyi untuk lampu penerangan sport yang menyala dan ventilasi dimatikan menunjukkan angka NR = 30.

Sumber: Sandy Brown Associates

Lampu TL

Ada banyak macam kebisingan baik dari sumber utamanya, tuas pengendali, walaupun untuk jenis fiting yang sama dari produsen yang sama. Besi bagian inti yang berlapis-lapis menghasilkan bunyi dari medan magnet akibat adanya lapisan-lapisan tersebut, variasinya tergantung dari jenis sirkuit dan besarnya watt. Metode pemasangan fiting mempengaruhi bunyi yang keluar: fiting gantung lebih baik daripada yang dipasang kaku. Untuk tempat-tempat sensitif, sistem kendali jarak jauh dapat dipertimbangkan. Fiting lampu tunggal mungkin tidak berisik. Misalnya sebuah fiting yang akhir-akhir ini diuji menghasilkan kasus yang terburuk yaitu SWL 23,2 dB pada frekuensi 630 Hz. Meskipun demikian, 32 fiting yang serupa di dalam suatu ruang dengan tata letak yang biasa, setelah dihitung, menghasilkan tingkat bunyi kira-kira NR = 25 pada frekuensi 630 Hz.

Sumber: University of Salford

Fiting lampu yang ditanam masuk biasanya mempunyai lubang udara keluar atau pendingin yang memungkinkan suara pembicaraan menembus masuk di antara partisi yang ada, atau memperlemah langit-langit pembatas. Penutup metal yang dilapis mineral wool tebal 25 mm dan masuk 200 mm ke dalam fiting lampu, memperkecil suara yang bocor.

31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
65	65	62	66	66	60	51	47	dB

Motor lift sistem hidrolis tunggal/ unit pompa

Tingkat tekanan bunyi (dB)

Frekuensi pusat pita oktaf (Hz)

31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
62	73	73	75	75	73	71	55	dB

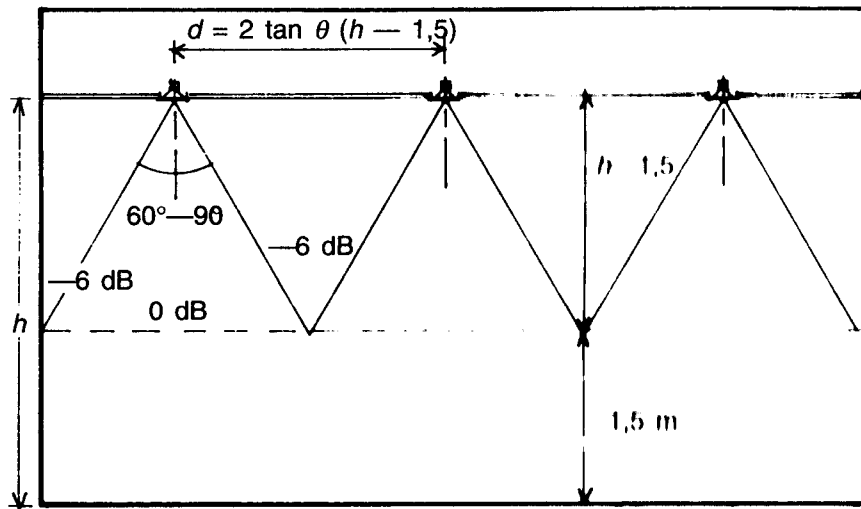
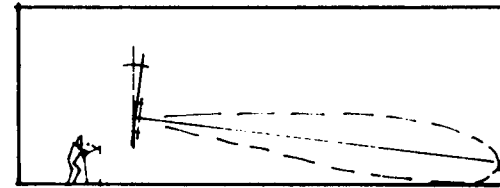
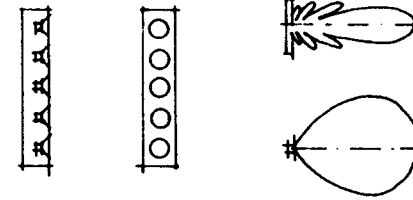
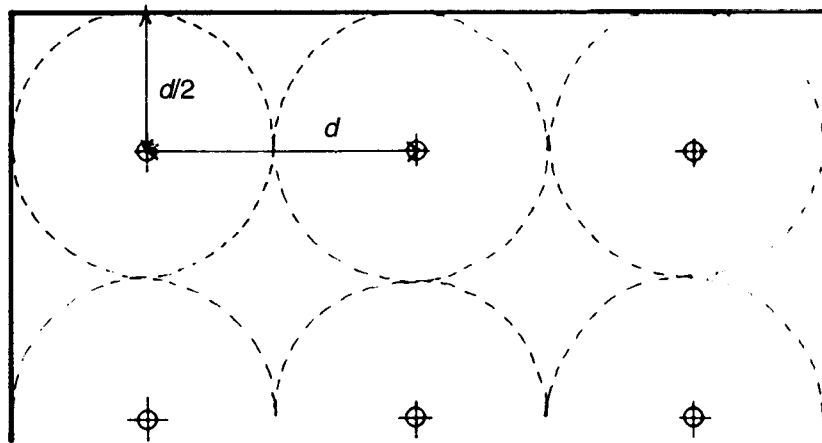
Motor lift sistem hidrolik ganda/ unit pompa

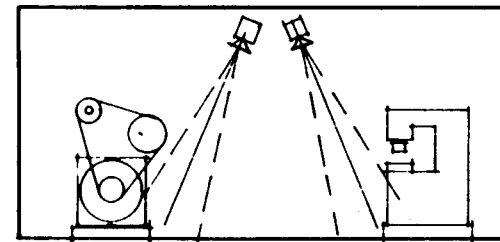
Catatan saran

1. Motor hidrolis lift lebih berisik daripada motor listrik: minimalkan dengan menentukan pemakaian pompa dan motor harus dari model yang dapat dipasang di dalam air (submersible) dan mempunyai tempat yang dilapis dengan material yang menghilangkan bunyi.
2. Pilih pintu lift yang bekerjanya tidak berisik.
3. Periksa apakah pada lift kecepatan tinggi/bangunan tinggi disediakan shaft yang menerus ke atas untuk mengeluarkan suara udara yang berisik.
4. Semua mesin harus dipasang di atas tatakan yang anti vibrasi.
5. Hindarkan terjadinya lubang-lubang yang mungkin ada antara shaft lift dan ruang-ruang lainnya.
6. Pilih letak switch listrik dll. sebagai salah satu cara menghindari suara klak-klik dari bagian-bagian yang bergerak di alat pengendalinya.
7. Pastikan pemeliharaan lift dilakukan dengan baik.
8. Dalam program penggantian, periksa suara-suara berisik dari lift yang ada (jenis lama, khususnya jika shaft -nya terbuka, akan jauh lebih berisik).
9. Jangan lupakan suara berisik dari bunyi bel saat lift datang .
10. Hindarkan ruang motor lift bersebelahan dengan ruang-ruang yang sensitif.

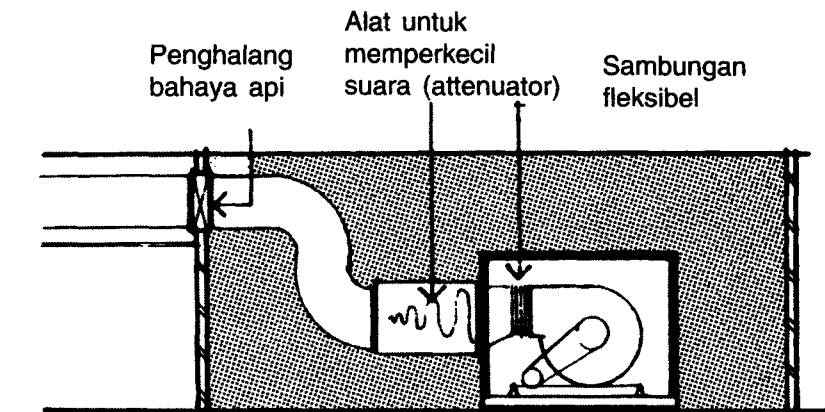
Model tertentu dari shaft yang diisolasi

Susunan denah

Suara berisik lift menjadi perhatian khusus untuk hotel-hotel atau rumah-sakit di mana tingkat bising mesin-mesin mungkin tidak tinggi, tetapi cara kerja mesin-mesin yang tidak terus menerus, menarik perhatian pada suaranya. Tingkat kerasnya bunyi di dalam box lift yang umum adalah 65 dBA untuk jenis hidrolis, 60 dBA untuk jenis yang menggunakan tenaga listrik.

Bafel

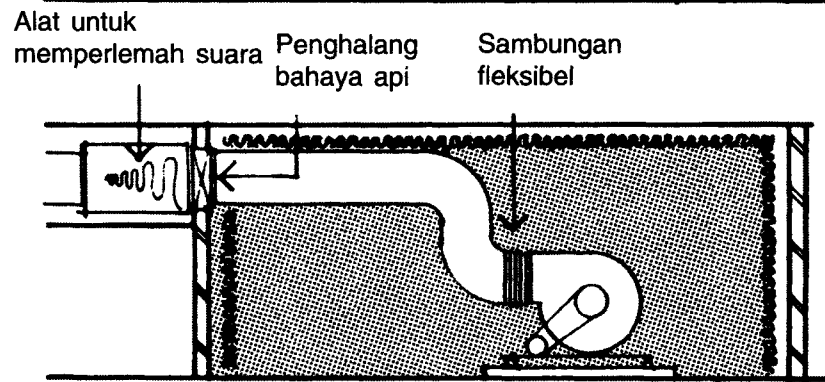
Kolom

Terompet

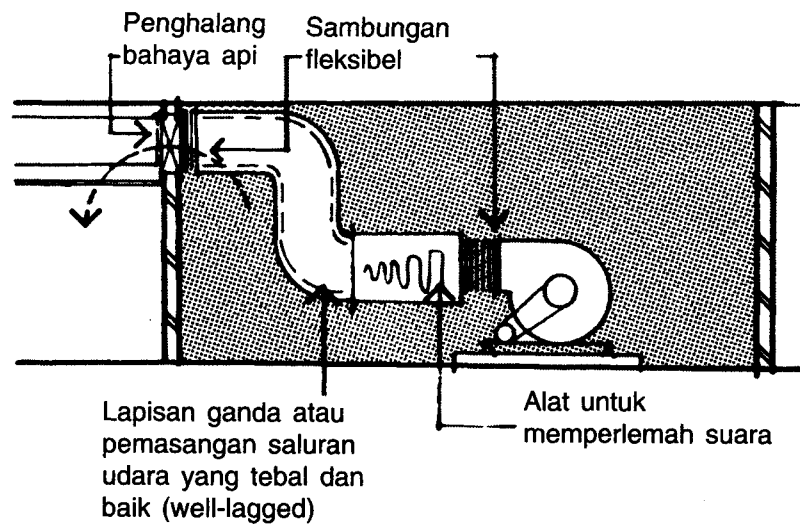
Perencanaan sistem suara untuk dapat didengar dengan baik merupakan bidang tersendiri. Komponen utama yang menarik dalam perencanaan arsitektur adalah pengeras suara. Pengeras suara yang berjenis bafel, atau kabinet, tidak mempunyai arah, outputnya rendah untuk kantor-kantor, restauran, pusat perbelanjaan, sedangkan pengeras suara jenis kolom mempunyai arah dalam bidang vertikal, digunakan di gereja-gereja, ruang-ruang olah-raga. Pengeras suara bentuk terompet mempunyai dua arah. Digunakan di bengkel-bengkel, di sepanjang koridor, pengeras suara umum di ruang terbuka untuk keperluan bermacam-macam, untuk mengarahkan suara ke mana diperlukan, misalnya ke tempat para pendengar. Jumlah pengeras suara harus cukup dengan output yang memadai, dan penyerap untuk mengendalikan tingkat suara gemanya.

Ruang mesin yang bising → Ruang mesin yang tenang

1. Suara bising dibatasi pada sumbernya

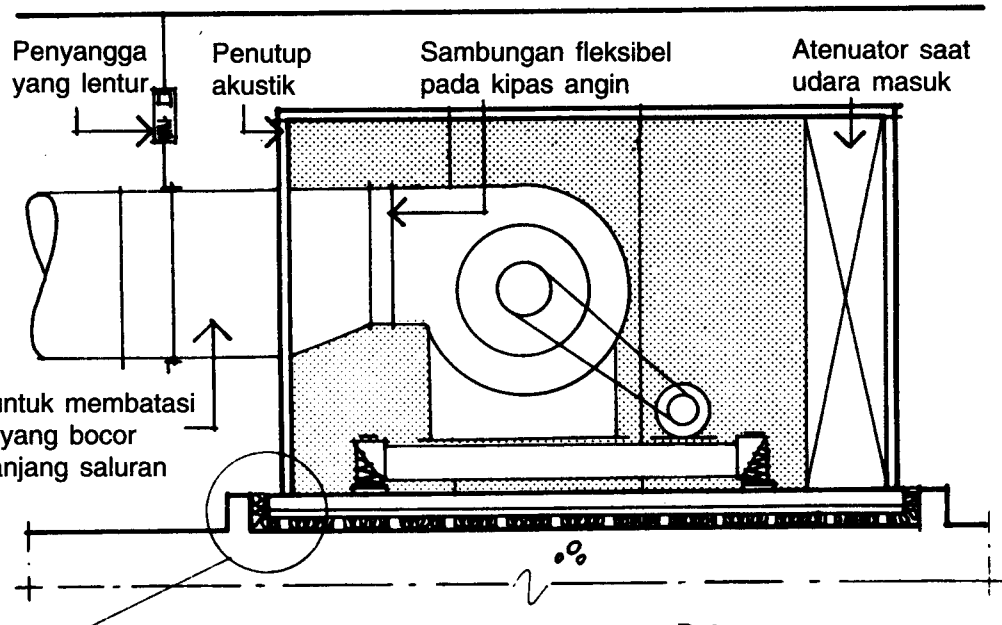
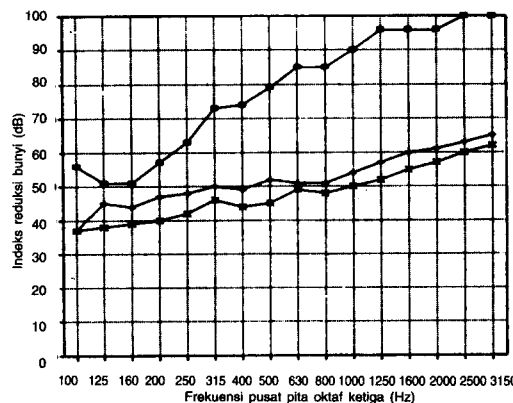
Menutup dengan akustik pada bagian-bagian mesin yang bising di dalam ruang mesin.

Anti getar dipasang pada dasar mesin yang diisolasi

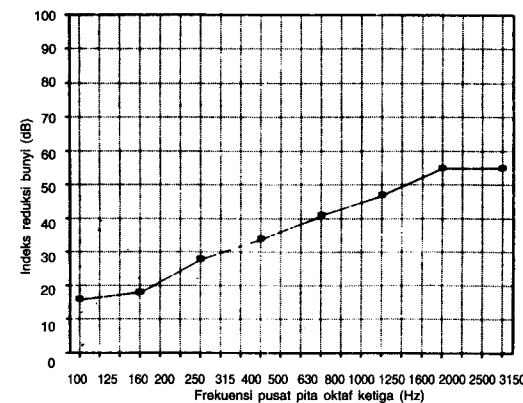
Membatasi kebisingan di sumbernya memang baik, tetapi hal ini belum tentu dapat dilakukan jika sumber bisingnya banyak, atau bagian-bagian mesin tersebut membutuhkan ventilasi pencapaian yang bebas dari segala arah.

2. Ruang mesin dilapis dengan selimut penyerap bunyi yang diberi jarak dari dindingnya.

Menutup masing-masing bagian mesin mungkin tidak praktis. Menambah lapisan pada ruang mesin dapat mengurangi bunyi gemanya.

3. Menutup sebagian besar ruangan menjamin efek isolasi. Angka isolasi yang baik pada dinding, atap, lantai: jika memungkinkan pisahkan strukturnya. Tingkat bunyi yang merambat melalui udara di dalam ruang mesin, tinggi, khususnya dengan faktor amplifikasi dari permukaan yang keras yang menaikkan tingkat kebisingan yang ada sampai dengan 9 dB.

Perlu perhatian khusus dalam hal bocornya kebisingan melalui saluran udara. Untuk mesin yang sangat berisik dan di sekitar ruang-ruang yang sensitif mungkin perlu segala usaha: menutup mesin, melapis ruang mesin, menggunakan bahan yang khusus.

Ruangan mesin

Melalui lantai

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Hz	Kunci
56	51	51	57	63	73	74	79	85	85	90	96	96	96	100	100	dB	-■-
37	45	44	47	48	50	49	52	51	51	54	57	60	61	63	65	dB	-+-
37	38	39	40	42	46	44	45	49	48	50	52	55	57	60	62	dB	-×-

–■– 1.Lantai struktur dari beton 100 mm+ lantai terapung
–+– 2.Lantai struktur beton tebal 200 mm
–×– 3.Lantai struktur beton tebal 100 mm

Ruang ke ruang

63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz
16	18	28	34	41	47	55	55	dB

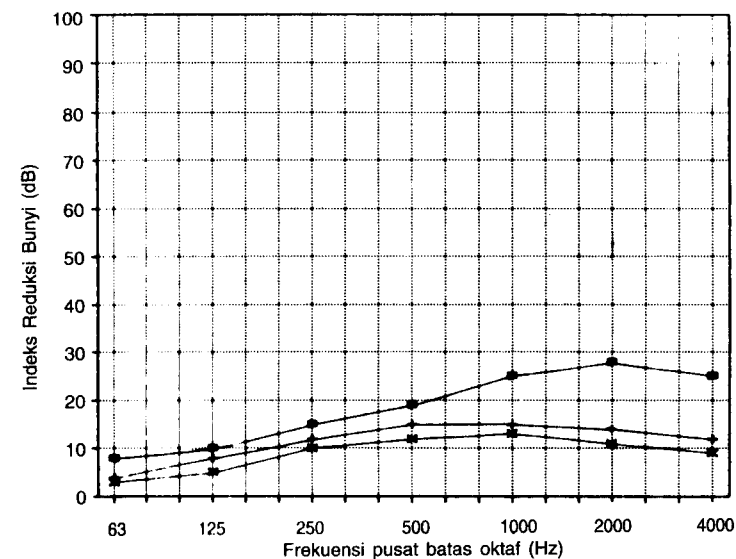
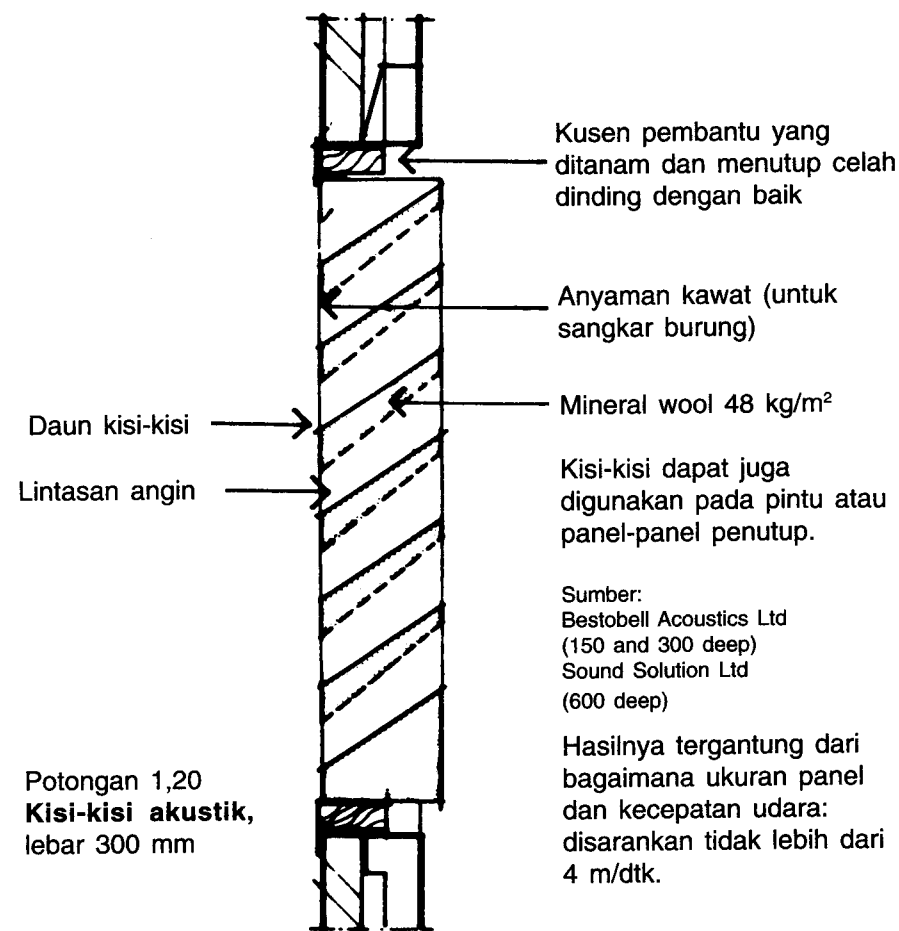
Mesin pengolah udara

Kisi-kisi, penghalang

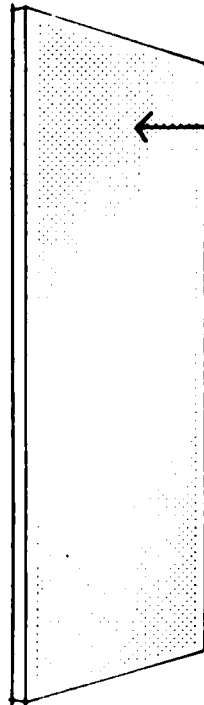
Potongan 1,20
Kisi-kisi akustik,
lebar 300 mm

Kisi-kisi dapat juga digunakan pada pintu atau panel-panel penutup.

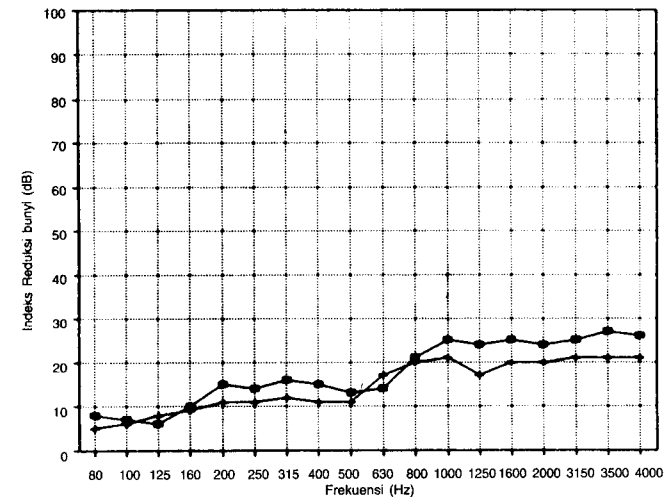
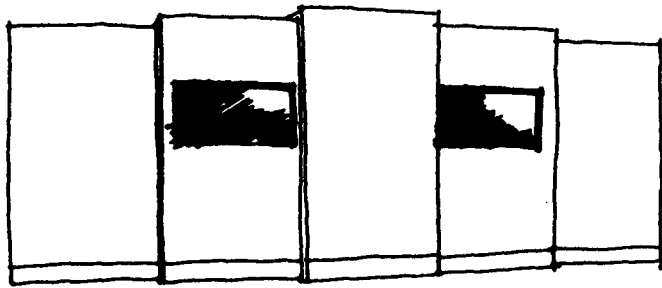
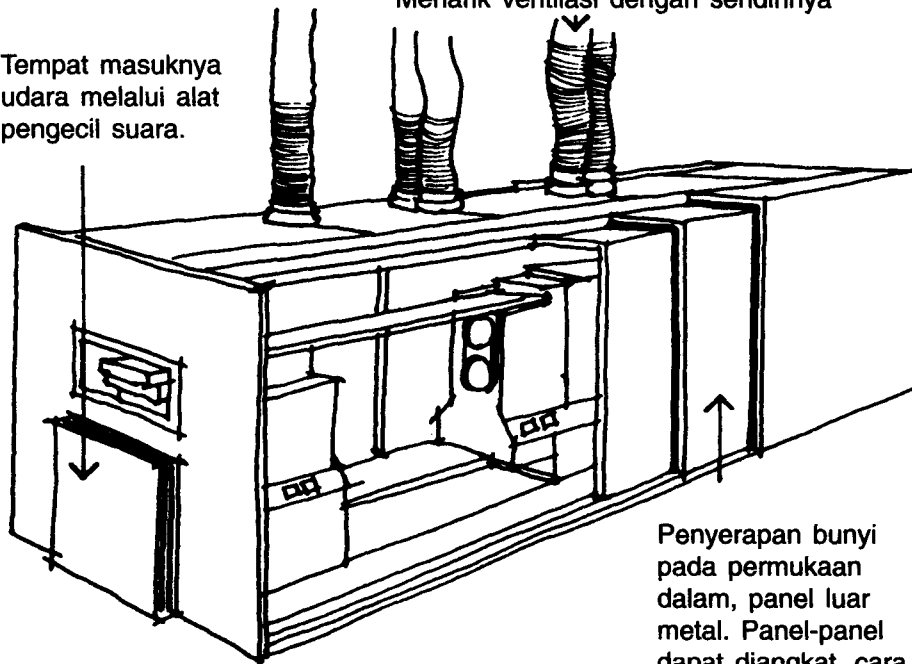
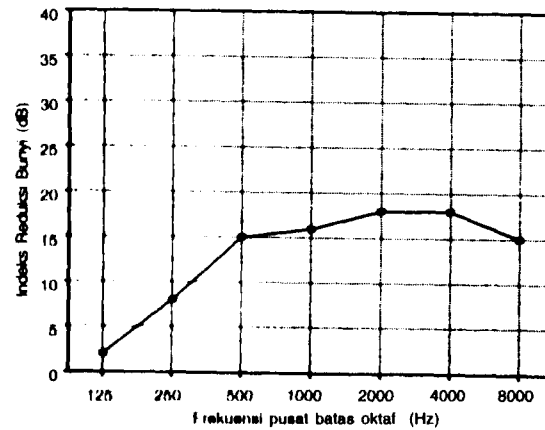
Sumber:
Bestobell Acoustics Ltd
(150 and 300 deep)
Sound Solution Ltd
(600 deep)

Hasilnya tergantung dari bagaimana ukuran panel dan kecepatan udara: disarankan tidak lebih dari 4 m/dtk.

Frekuensi (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	Kedalaman kisi (mm)	Kunci
Indeks Reduksi Bunyi (dB)	8	10	15	19	25	28	25	600	-■-
	4	8	12	15	15	14	12	300	-+-
	3	5	10	12	13	11	9	150	-×-

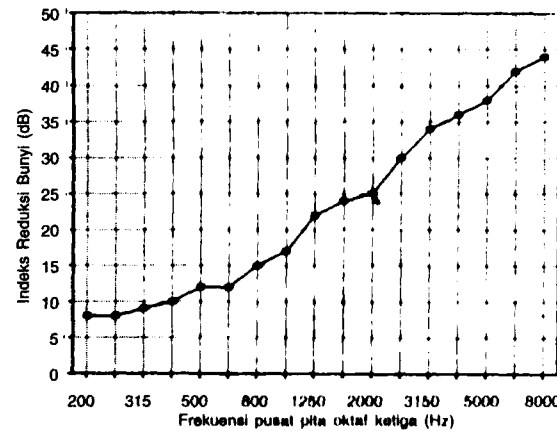
Kisi-kisi

Layar penghalang
Hilangnya kekuatan bunyi ditentukan dari perbedaan tingkat bunyi sebelum dan sesudah melintasi penyerap bunyi atau pembatas antara sumber kebisingan dan titik yang diukur.

Dinding penghalang akustik 'Gullfiber' 2 m × 1 m × 40 mm. Permukaan luar: baja yang dicat. Perforasi di kedua sisinya (bisa juga perforasi di salah satu sisi saja). Koefisien absorpsi 125-4 kHz 0,15 0,50 0,80 0,90 0,90 0,85.

Sumber: Lund Institute of Technology

(Pengujian hilangnya suara karena menembus dinding penghalang menggunakan metode sesuai ISO 354)

Jarak dari sumber (m)	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	3150	3500	4000	Hz	Kunci
1,5	8	7	6	10	15	14	16	15	13	14	21	25	24	25	24	25	27	26	dB	–■–
3	5	6	8	9	11	11	12	11	11	17	20	21	17	20	20	21	21	21	dB	–+–

Penutup yang berbentuk teleskop

125	250	500	1000	2000	4000	8000	Hz
2	8	15	16	16	15	15	dB

Hasil penutupan dengan panel metal pada umumnya.

Sumber: The Noise Control Centre Ltd

200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	Hz
8	8	9	10	12	12	15	17	22	24	25	30	34	36	38	42	44	dB

Hasil penutupan dengan layar akustik yang mempunyai sifat mudah bengkok dan tidak kaku.

Sumber: Bestobell Acoustics

Sistem-sistem semacam di atas harus diperhitungkan untuk menghalangi alat percetakan, mesin alat-alat, pompa, kompresor, dll. yang dipasang di dalam tempat kerja. Tidak ada sistem lain yang efektif untuk menghalangi bising yang rendah frekuensinya, tetapi dapat memberikan perbaikan yang bermanfaat pada frekuensi percakapan.

Cara menutup mesin-mesin

5 DEFINISI

Pembobotan pada standardisasi tingkat bunyi benturan $L'_{nT,w}$

Ini adalah penjelasan dalam bentuk angka tunggal yang didapat dari sepertiga lebar pita oktaf dari tingkat bunyi benturan L'_{nTw} yang distandardisasikan.

Ini diperoleh dengan cara yang tepat sama seperti pada bobot tingkat bunyi benturan yang dinormalisasikan L_{nw}.

Lihat BS 5821, Bab 2: 1986 dan BS 2750, Bab 6 & 7: 1980

Tingkat bunyi benturan yang distandardisasi L'_{nT}

Ini adalah tingkat bunyi benturan yang diukur di antara dua ruang dalam kondisi lapangan dan distandardisasi pada tempo gema 0,5 detik, misalnya:

$$L'_{nT} = L' - 10 \log \frac{T}{0,5}$$

di mana L' adalah tingkat bunyi benturan yang diukur.

Lihat BS 5821, Bab 2: 1986 dan BS 2750, Bab 6 & 7: 1980

Tingkat bunyi benturan yang diboboti dan dinormalisasikan L_{nW}, L'_{nW}

Ini adalah penjelasan dalam bentuk angka tunggal yang didapat dari sepertiga lebar pita oktaf dari tingkat bunyi benturan yang dinormalisasikan L_n (laboratorium) atau L'_n (lapangan). Tingkat yang dinormalisasikan dibandingkan dengan serangkaian kurva bobot dan diperoleh kurva yang menunjukkan jumlah total perbedaan yang berkebalikan antara tingkat yang dinormalisasikan dan kurva tersebut adalah lebih kecil dari, tetapi sedapat mungkin mendekati, 32 dB. Perbedaan yang berkebalikan terjadi jika tingkat yang dinormalisasikan jatuh di atas kurva standarnya.

Bobot tingkat tekanan bunyi benturan yang dinormalisasikan adalah tekanan bunyi 500 Hz pada kurva standar yang memenuhi kriteria di atas. Untuk L_{nW} atau L'_{nW} 60 kurvanya ditentukan dengan:

Frekuensi Hz	Tingkat dB	Frekuensi Hz	Tingkat dB
100	62	630	59
125	62	800	58
160	62	1000	57
200	62	1250	54
250	62	1600	51
315	62	2000	48
400	61	2500	45
500	60	3150	42

Kurva-kurva lain didapat dengan menggeser sepertiga oktaf ke atas atau ke bawah dengan perbedaan 1 dB.

Lihat BS 5821, Bab 2: 1985 dan BS 2750, Bab 6 & 7: 1980

Tingkat kebisingan bunyi benturan, L

Ini adalah tingkat tekanan bunyi yang diukur pada sepertiga lebar pita oktaf ketika suatu mesin standar yang menghentak-hentak beroperasi dan berada di lantai atas ruangan.

Bunyi benturan

Bunyi benturan mengacu kepada bunyi yang keluar ketika ada benturan-benturan kecil, seperti langkah kaki di atas lantai, yang langsung mengenai struktur.

Kandungan frekuensi bunyi akan tergantung dari lamanya benturan, ketukan yang pendek-tajam menghasilkan rentang frekuensi yang luas, sedangkan ketukan yang lebih panjang disebabkan karena, misalnya, adanya lapisan lentur di atas struktur, terutama akan menghasilkan bunyi berfrekuensi rendah dan secara subyektif, tidak begitu mengganggu.

Tingkat bunyi benturan yang dinormalisasikan

Tingkat kebisingan bunyi benturan seperti yang diukur di laboratorium akan tergantung dari karakteristik akustik ruang yang menerimanya, jadi untuk mendapatkan hasil yang dinormalisasikan, tingkat bising benturan yang diukur dikoreksi dengan angka konstan untuk 10 m²; yaitu

$$L_n = L - 10 \log (A/A_0)$$

di mana A adalah penyerapan bunyi yang sebenarnya dalam ruang penerima dengan pertimbangan pada sepertiga lebar pita oktaf, dan $A_0 = 10$ m².

L'_n digunakan jika pembelokan bunyi tidak dapat dihilangkan.

Lihat BS 5821, Bab 2: 1984 dan BS 2750, Bab 6 & 7: 1980

Pembobotan pada Standardisasi Perbedaan Tingkat $D_{nT,w}$

Untuk memperoleh tingkatan nilai dalam bentuk nilai tunggal pengukuran di lapangan dalam hal tingkat perbedaan yang distandardisasikan, D_{nT}, angka sepertiga lebar pita oktaf diberi bobot dengan menggunakan cara yang sama seperti yang digunakan untuk mendapatkan bobot indeks reduksi bunyi, R_w.

Penyerapan

Penyerapan adalah istilah yang diterapkan pada proses di mana energi diserap dari medan bunyi. Hampir semua material akan, sampai pada batas-batas tertentu, menyerap bunyi, misalnya mengubah energi akustik menjadi panas. Namun, untuk menjadi

penyerap bunyi yang efisien, material pada umumnya mempunyai struktur permukaan yang terbuka yang memungkinkan bunyi masuk, dan secara intern harus menyediakan banyak jalur-jalur yang saling berkaitan di mana bunyi-bunyi akan melintas untuk melepaskan energinya dan tersorap melekat pada jalur-jalur tersebut. Bahan penyerap berbentuk serat yang baik adalah serat kaca dan serat-serat mineral.
Dalam akustik, A mempunyai arti khusus. Adalah juga produk dari luas, S, dari material penyerap dan koefisien penyerapan (absorpsi), α. Jadi:

$A = S \times \alpha$ m² atau Sabines

Jika ada beberapa permukaan yang menyerap bunyi di mana jumlah luas permukaannya adalah S_1, S_2, S_3, dst., kemudian total penyerapannya adalah:

$$A_T = S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + S_3\alpha_3 + \ldots$$

Penyerapan oleh udara

Penyerapan bunyi oleh udara cukup signifikan, hal ini disebabkan karena adanya penyebaran sepanjang perjalanannya yang jauh dan dalam ruang tertutup yang berukuran besar. Frekuensi-frekuensi yang tinggi diserap paling banyak dan penyerapan tersebut tergantung dari temperatur maupun kelembaban udaranya.

Perbedaan tingkat bunyi yang distandardisasikan D_{nT}

Perbedaan tingkat bunyi yang distandardisasikan digunakan untuk melihat isolasi bunyi yang merambat melalui udara di antara dua ruang dalam suatu bangunan. Sementara itu, perbedaan tingkat bunyi yang menembus partisi akan tergantung dari kemampuan penyerapan dalam ruang penerima, direkomendasikan (BS 5821: 1984) bahwa perbedaan tingkat yang diukur perlu dikoreksi terhadap tempo gema ruang penerima standar yaitu 0,5 detik. Dengan demikian:

D_{nT} = perbedaan tingkat yang diukur – 10 log (T/ 0,5) dB,
T = tempo gema ruang penerima (dalam detik).

Tingkat bunyi yang menyebar (difusi)

Jika energi bunyi dalam suatu ruang tertutup merata ke seluruh ruangan, medannya dikatakan difusi. Hal ini biasanya merupakan kasus dalam ruang tertutup dengan aspek rasio konvensional dan penyerapan kecil yang secara merata tersebar di seluruh ruang yang tertutup tadi.

Persamaan Norris-Eyring

Persamaan ini adalah modifikasi dari persamaan Sabine dan cocok untuk digunakan jika koefisien peredaman ruang lebih besar dari 0,1:

$$T = \frac{0{,}161\ V}{-2{,}3S \log_{10}(1 - \bar{\alpha})} \text{ detik,}$$

Gema

Jika sumber bunyi di dalam tempat yang tertutup dimatikan, bunyi yang ada tidak seketika berhenti tetapi masih tetap terdengar sebentar sebagai akibat dari refleksi energi dari dinding dan bidang-bidang yang menutupinya. Sama halnya, akan memerlukan waktu tertentu untuk mencapai tingkat bunyi pada angka keseimbangannya setelah sumbernya dibunyikan lagi. Kejadian tersebut dikenal sebagai gema dan merupakan faktor utama untuk menetapkan tingkat yang umum atau kualitas bunyi di ruang yang tertutup.

Tempo gema

Tempo yang dipakai oleh energi bunyi gema dalam ruang tertutup untuk menghilangkan satu-per-satujuta dari angka keseimbangannya, misalnya dengan 60 dB, setelah sumber bunyi dimatikan, dikenal sebagai tempo gema. Tempo gema adalah frekuensi ikutan dan biasanya untuk mengukur angkanya dalam oktaf atau sepertiga lebar pita oktaf.

Persamaan Sabine

Persamaan Sabine memberikan tempo gema dalam hal volume ruang dan peredaman ruang total sebagai

$$T = \frac{0{,}161\ V}{A} \text{ detik,}$$

di mana V dalam meter kubik dan A dalam meter persegi. Persamaan ini berlaku hanya untuk daerah bunyi yang menyebar dan memberikan hasil yang terbaik jika koefisien penyerapan rata-ratanya kurang dari 0,1. Meskipun sering digunakan dalam kondisinya yang tidak sesuai. Untuk ruang tertutup yang besar peredaman oleh udara dimasukkan sehingga menjadi:

$$T = \frac{0{,}161\ V}{A + 4mV} \text{ detik,}$$

di mana m adalah koefisien atenuasi kekuatan bunyi.

Angka $4m$ diberikan dalam tabel di bawah ini.

Peredaman udara (angka $4mV$, dalam unit m² untuk volume 100 m³ pada suhu 20° C).

Frekuensi (Hz)	Kelembaban relatif (%)						
	20	30	40	50	60	70	80
125	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02
250	0,14	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08
500	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25
1000	0,57	0,47	0,46	0,46	0,48	0,50	0,51
2000	1,78	1,21	1,00	0,90	0,88	0,88	0,88
4000	6,21	4,09	3,10	2,60	2,27	2,08	1,95
8000	19,00	14,29	11,00	8,95	7,61	6,69	6,04

Koefisien absorpsi bunyi

Koefisien absorpsi bunyi adalah besaran yang diperlukan untuk menjelaskan sejauh mana baiknya material tertentu menyerap energi bunyi. Ditandai dengan (α) dan didefinisikan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{\text{energi bunyi yang tidak dipantulkan dari material}}{\text{energi bunyi yang membentur material}}$$

Untuk penyerap bunyi yang sempurna α akan setara dengan 1, sedangkan untuk pemantul yang sempurna, α adalah nol.

Koefisien absorpsi bervariasi dengan frekuensi dan juga dengan sudut di mana bunyi membentur material. Oleh karena adanya ketergantungan pada besarnya sudut, biasanya α diukur dalam bidang bunyi yang menyebar sehingga bunyi secara efektif membentur material pada semua sudut benturan. α yang diukur di bawah kondisi ini dikenal sebagai koefisien penyerapan benturan acak (yang dinyatakan dengan $\overline{\alpha}$). Biasanya diukur dalam batas sepertiga pita oktaf.

Frekuensi

Jika suatu media digetarkan secara teratur, maka akan didapatkan tekanan maksimum dan minimum yang progresif di setiap titik di manapun. Ketika dua posisi maksimum atau minimum yang berlawanan, atau pada saat itu ada dua jalur dengan kekuatan sama bersebelahan, melintasi titik tersebut, dikatakan bahwa telah terjadi satu gerak getar yang sempurna. Jumlah gerak getar semacam itu yang terjadi setiap detik, disebut frekuensi gelombang.

Unit satuan ukuran frekuensi adalah Hertz. Jika terjadi 500 kali gerak getar dalam waktu 1 detik, maka gelombang bunyi tersebut mempunyai frekuensi 500 Hz.

Pascal (Pa)

Pascal adalah unit satuan gaya tekan, dan tekanan bunyi juga diukur dengan Pascal (Pa).

Tekanan bunyi terlemah yang dapat didengar oleh rata-rata manusia adalah sekitar 2×10^{-5} Pa.

Manusia mulai mendengar bunyi yang menyakitkan jika tekanan bunyi mencapai 20 Pa.

Tekanan atmosfir mempunyai angka 10^5 Pa.

1 pascal = 106 mikropascal (μPa)
= 1 newton/m² (N/m²)
= 10 mikrobar (μbar)

Perbedaan tingkat bunyi antara 2 ruang

Perbedaan tingkat bunyi antara 2 ruang yang terpisah oleh dinding, tergantung dari angka indeks reduksi bunyi, luas partisi dan kemampuan akustik dari kedua ruang tersebut.

1. ruang-ke-ruang

   $L_{p2} = L_{p1} - R + 10 \log_{10} (S/A)$ dB;

2. dalam-ke-luar

   $L_{p2} = L_{p1} - R + 10 \log_{10} S - 20 \log_{10} r - 17 +$ DI dB;

3. luar-ke-dalam

   $L_{p2} = L_{p1} - R\ T\ 10 \log_{10}(S/A) - K + 6$ dB.

L_{p1} adalah tingkat tekanan bunyi di tempat sumber bunyi (dB);

L_{p2} adalah tingkat tekanan bunyi di tempat pendengar (dB)

S adalah luas partisi (m²)

R adalah indeks penurunan bunyi partisi (dB)

A adalah penyerapan di dalam ruang pendengar (m²)

DI adalah indeks arah permukaan

r adalah jarak dari pendengar ke partisi

k adalah konstanta, besarnya tergantung di mana, di bagian luar partisi, tekanan bunyi yang diukur adalah sebagai berikut:

k = 6 dB jika diukur sangat dekat dengan partisi

k = 2,5 dB jika diukur pada jarak l.k. 1 meter

k = 0 dB jika diukur jauh dari permukaan dinding.

Faktor arah (Q)

Faktor arah adalah perbandingan (rasio) antara intensitas bunyi dari suatu sumber yang arahnya sudah ditentukan terhadap intensitas bunyi dari sumber tersebut pada arah yang sama yang memancar secara merata.

Indeks arah (DI)

Indeks arah didefinisikan sebagai

DI + 10 $\log_{10} Q$ dB,

di mana Q adalah faktor arah yang telah ditentukan dari suatu sumber bunyi.

	Indeks arah (dB)
Sumber bunyi dengan arah pancaran ke segala arah yang membentuk bola.	0
Sumber bunyi dengan arah pancaran ke segala arah pada bidang datar: pancaran terbatas menjadi setengah bola.	+3
Sumber bunyi dengan arah pancaran ke segala arah pada pertemuan dua bidang datar; pancaran terbatas menjadi 1/4 bola	+6

Sumber bunyi dengan arah pancaran ke segala arah pada pertemuan tiga bidang datar; pancaran terbatas menjadi 1/8 bola.	+9

Pita oktaf

Dua frekuensi dikatakan menjadi terpisah satu oktaf jika frekuensi yang satu dua kali lipat lebih besar, atau tepatnya $10^{0,3}$ kali lipat dari yang lain.

Pita-pita oktaf yang berdekatan mempunyai frekuensi pusat yang juga berhubungan dengan faktor perkalian dua ($10^{0,3}$). Frekuensi pusat dan lebar batas dari batas oktaf standar diperlihatkan dalam Tabel 6.1.

Tingkat tekanan bunyi pita oktaf

Tingkat tekanan bunyi ketika diukur hanya meloloskan frekuensi-frekuensi dalam batas suatu oktaf saja dikenal sebagai tingkat tekanan bunyi pita oktaf. Analisa bunyi yang memasuki rentang oktaf dan merambat melalui partisi sering digunakan untuk mempelajari isolasi bunyi.

Sepertiga pita oktaf

Dua frekuensi dikatakan menjadi terpisah sepertiga dari lebar oktaf jika salah satu frekuensi adalah 1,26 kali lipat, atau lebih tepatnya $10^{0,15}$ kali lipat dari frekuensi yang satunya lagi. Ada tiga buah sepertiga oktaf di dalam setiap batas oktaf. Frekuensi pusat yang standar dan lebar batas dari sepertiga oktaf diperlihatkan dalam Tabel 6.1.

Perbedaan tingkat bunyi yang diboboti D_w

Perbedaan tingkat bunyi yang diboboti diperoleh dari perbedaan-perbedaan tingkat, diukur dari setiap sepertiga batas oktaf dengan cara yang tepat sama dengan cara memperoleh indeks reduksi bunyi yang diboboti R_w.

Isolasi bunyi

Isolasi bunyi yang merambat melalui udara mengacu kepada proses pemisahan, oleh pembatas fisik, sebuah ruang dari ruang yang berisi sumber bunyi yang menganggu. Dengan isolasi bunyi, secara efektif bunyi dicegah untuk menjalar ke arah tertentu dengan menggunakan pembatas yang tidak tertembus. Semakin besar massa permukaan pembatas, akan semakin besar kemampuan isolasinya. Tidak seperti penyerapan bunyi, isolasi bunyi tidak menyerap energi dari bidang bunyi, semata-mata hanya mengubah arahnya saja.

Indeks reduksi bunyi (SRI = Sound Reduction Index)

Indeks reduksi bunyi adalah ukuran yang pada umumnya digunakan untuk menyatakan kemampuan isolasi suatu partisi dalam satuan desibel. Didefinisikan sebagai berikut:

$$SRI = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\text{koefisien transmisi}} \right) \text{dB}$$

Indeks reduksi bunyi adalah frekuensi tidak bebas dan biasanya diukur dalam oktaf atau sepertiga lebar pita oktaf.

Jika koefisien perambatan $\tau = 0{,}01$, mis. 1% dari energi bunyi yang membentur dirambatkan oleh partisi, kemudian indeks reduksi bunyi adalah 20 dB; dengan $\tau = 0{,}001$, SRI nya adalah 30 dB dst. Oleh karena itu, untuk isolasi 50 dB, di mana sebagai contoh yang menunjukkan reduksi yang berarti antara dua bangunan rumah yang bersebelahan, energi benturan per meter persegi harus dikurangi dengan faktor 0,00001.

Indeks reduksi bunyi yang diboboti R_w

Ini adalah angka tunggal bobot yang menerangkan kemampuan reduksi bunyi suatu partisi yang diukur dalam laboratorium. Indeks reduksi bunyi di setiap sepertiga lebar pita oktaf dari 100 Hz sampai 3150 Hz dibandingkan dengan satu set kurva-kurva standar. Nilai R_w untuk partisi yang tertentu diperoleh dari kurva standar, yang jika dibandingkan dengan angka-angka SRI yang diukur, menghasilkan deviasi yang berkebalikan sejauh mungkin mendekati -32 dB. Hanya angka SRI yang berada di bawah standar kurva tertentulah yang diperhitungkan dalam penjumlahan.
Deviasi positif dari kurva standar tidak diperhitungkan. Angka standar untuk kurva yang berkaitan dengan R_w dari 52 adalah:

Frekuensi Hz	Angka referensi (dB)
100	33
125	36
150	39
200	42
250	45
315	48
400	51
500	52
630	53
800	54
1000	55
1250	56
1600	56
2000	56
2500	56
3150	56

Angka R_w dalam desibel untuk kurva referensi pada 500 Hz.

Untuk memperoleh kurva referensi, angka sepertiga lebar pita oktaf diganti dengan perubahan 1 dB naik atau turun.

6 TABEL-TABEL

Tabel 6.1 Frekuensi-frekuensi pusat oktaf dan sepertiga oktaf dan frekuensi-frekuensi pita limit.

Nomor pita	Frekuensi yang diharapkan (Hz)	Standar frekuensi (Hz)			
		Oktaf		Oktaf ketiga	
		Limit pita	Pusat	Pusat	Limit pita
		22,39			22,39
14	25			25,12	
					28,18
15	31,5		31,62	31,62	
					35,48
16	40			39,81	
		44,67			44,67
17	50			50,12	
					56,23
18	63		63,10	63,10	
					70,79
19	80			79,43	
		89,13			89,13
20	100			100,00	
					112,20
21	125		125,89	125,89	
					141,25
22	160			158,49	
		177,83			177,83
23	200			199,53	
					223,87
24	250		251,19	251,19	
					281,84
25	315			316,23	
		354,81			354,81
26	400			398,11	
					446,68
27	500		501,19	501,19	
					562,34
28	630			630,96	
		707,95			707,95
29	800			794,33	
					891,25
30	1000		1000,00	1000,0	
					1122,02
31	1250			1258,93	
		1412,54			412,54
32	1600			1584,89	
					1778,28
33	2000		1995,26	1995,26	
					2238,72
34	2500			2511,89	
		2818,38			2818,38
35	3150			3162,28	
					3548,13
36	4000		3981,07	3981,07	
					4466,84
37	5000			5011,87	
		5623,41			5623,41
38	6300			6309,57	
					7079,46
39	8000		7943,28	7943,28	
					8912,51
40	1000			10000,00	
		11220,18			11220,18

Table 6.2 Indeks reduksi suara

		OBCF (Hz)						
	kg/m²	125	250	500	1000	2000	4000	Mean
Kaca tunggal (mm)								
4-mm Kaca dengan rangka aluminium, bukaan 100 mm		10	10	11	12	12	13	11
4 mm	10	20	22	28	34	34	29	28
6 mm	15	18	25	31	36	30	38	29
6,4 mm Berlaminasi		22	24	30	36	33	38	30
12 mm	30	26	30	35	34	39	47	35
19 mm	49	25	31	30	32	45	47	35
Kaca dobel: kaca/rongga udara/kaca (mm)								
Unit-unit yang ditutup								
3/12/3		21	20	22	29	35	25	25
4/12/4		22	17	24	37	41	38	30
6/12/6		20	19	29	38	36	46	30
4/12/12		25	22	33	41	44	44	35
6/12/10		26	26	34	40	39	48	34
6/20/10		26	34	40	42	40	50	39
6,4 lam/12/10		27	29	37	41	42	53	38
Kaca/papan tipis yang terpisah								
6/150/4		29	36	45	56	52	51	44
6/200/6		37	41	48	54	47	47	46
4/200/4		27	33	39	42	46	44	39
4/200/4, sorongan di seberang terbuka 25 mm		15	23	34	32	28	32	27
4/200/4, sorongan di seberang terbuka 100 mm		10	16	27	25	27	27	22
Dinding tembok/blok beton								
102-mm berdinding tunggal, permukaannya dibiarkan tidak diplester		36	37	40	46	54	56	45
Berdinding tunggal diplester di kedua permukaannya	240	34	37	41	51	58	60	47
Dinding tembok berongga dengan penghubung	480	34	34	40	56	73	76	52
Dinding dobel, diplester di kedua permukaannya	480	41	45	48	56	58	66	51
100-mm Dinding blok beton ringan, dibiarkan tidak diplester	125	32	32	33	41	49	57	41
100-mm Dinding blok beton diplester di kedua permukaannya		32	34	37	45	52	57	43
100-mm Dinding blok beton dengan lapisan papan plester di kedua permukaannya		28	34	45	53	55	52	45
200-mm Konstruksi ringan dinding blok beton, permukaannya dibiarkan tidak diplester	250	35	38	43	49	54	58	46
200-mm Dinding blok beton diplester di kedua permukaannya		37	39	46	53	57	61	49
200-mm Dinding blok beton dengan lapisan papan plester di kedua permukaannya		33	39	50	55	56	60	49
Dinding berlapis tiga, diplester di kedua permukaan luarnya	720	44	43	49	57	66	70	55
Dua bidang dinding blok beton padat 100 mm, rongga antara 50 mm, plester di kedua permukaan luarnya masing-masing tebal 13 mm, ada pengikat dinding pada rongga.		35	41	49	58	67	75	52

		OBCF (Hz)						
	kg/m²	125	250	500	1000	2000	4000	Mean
Partisi dengan rangka								
9-mm papan plester di atas 50 × 100 mm rangka berjarak 40 mm dari sa ke as		15	31	35	37	45	46	35
13-mm papan plester di atas 50 × 100 mm rangka berjarak 40 mm dari as ke as		25	32	34	47	39	50	38
13-mm plasterboard di atas 50 × 100 mm rangka berjarak 40 mm dari as ke as 25 mm mineral wool di antara rangka-rangka tersebut		25	37	42	49	46	59	43
6-mm plywood di atas 50 × 50 mm rangka berjarak 600 mm dari as ke as		10	14	22	28	42	42	26
Plasterboard 13 mm, dobel, di atas 146 mm rangka baja berjarak 600 mm dari as ke as		32	41	47	49	53	58	47
Material/papan bentuk lembaran								
9-mm plywood dengan rangka	5	7	13	19	25	19	22	18
25-mm papan kayu, sambungan sistem lidah dan alur	14	21	17	22	24	30	36	25
5-mm plywood/1,5-mm kertas timah/5-mm plywood papan komposit	25	26	30	34	38	42	44	36
Dua lapis plasterboard 13 mm	22	24	29	31	32	30	35	30
1,2-mm lembaran baja, 18 g	10	13	20	24	29	33	39	26
6-mm plat baja	50	27	35	41	39	39	46	38
Lembaran metal berprofil		18	20	21	21	25	25	22
Panel dinding penutup baja tebal 0,8 mm, potongan profil bentuk trapesium, tinggi 50 mm		14	17	18	20	29	31	22
Penutup saluran udara (duct): plester/serat mineral	30	11	13	12	12	12	21	12[b]
Penutup saluran udara (duct): lembaran kertas timah/serat mineral	12	7	8	7	7	7	7	7[b]
50-mm slab serat kayu, dilapis aduk perata pada sisi sumber suara	28	26	28	30	32	33	36	30
100-mm slab serat kayu, dilapis aduk perata pada sisi sumber suara	50	28	28	32	34	33	38	31
Pintu								
43-mm permukaan rata, bagian tengah berongga, engsel biasa	9	12	13	14	16	18	24	16
43-mm pintu masif, engsel biasa	28	17	21	26	29	31	34	26
50-mm pintu baja dengan penutup celah yang baik.		21	27	32	34	36	39	32
Pintu metal akustik, penutup celah dobel		36	39	44	49	54	57	47
Lantai								
235-mm papan lantai sistem lidah dan alur 13-mm, rangka lantai, plasterboard dan pelapis lantai	31	18	25	37	39	45	45	35
235-mm papan lantai sistem lidah dan alur, rangka lantai dengan 50-mm pasir di antaranya 13-mm plasterboard dan pelapis lantai.		35	40	45	50	60	64	49
100-mm slab beton bertulang	250	37	36	45	52	59	62	49
200-mm slab beton bertulang	460	42	41	50	57	60	65	53
300-mm slab beton bertulang	690	40	45	52	59	63	67	54
200-mm pada/di atas: 125-mm slab beton dan aduk perata di atas 13-mm tebal nominal serat kaca	420	38	43	48	54	61	63	51

[a]Rata-rata oktaf 125-4000 Hz. SRI (100-3150 Hz) lebih rendah 0 — 2 dB.

[b]+nilai pada kinerja saluran udara (duct).

Tabel 6.1 Koefisien Penyerapan.

	OBCF (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Lapisan permukaan yang keras						
Air atau es	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Beton halus, tidak dicat	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Beton halus, dilapis atau dicat	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Blok beton, permukaan dibiarkan apa adanya	0,05	0,05	0,05	0,08	0,14	0,20
Beton kasar	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
Pasangan bata, aduk perekat rata permukaan	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Pasangan bata, aduk perekat masuk 10 mm dari permukaan	0,08	0,09	0,12	0,16	0,22	0,24
Dinding diplester	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Plester dicat	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Tegel keramik	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Marmer, terazo	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
kaca (4 mm)	0,30	0,20	0,10	0,07	0,05	0,02
Kaca dobel	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
Kaca (6 mm)	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Langit-langit						
13-mm tegel mineral, langsung menempel pada slab lantai atas.	0,10	0,25	0,70	0,85	0,70	0,60
13-mm tegel mineral, tergantung 500 mm di bawah langit-langit.	0,75	0,70	0,65	0,85	0,85	0,80
Papan metal, lubang-lubang 14% daerah bebas, pelapis mineral wool dan rongga kosong	0,50	0,70	0,80	1,0	1,0	1,0
Tegel metal, berperforasi 5%, dilapis selimut tebal 20 mm dan rongga kosong	0,13	0,27	0,55	0,79	0,90	1,0
Slab serat kayu.	0,40	0,40	0,70	0,70	0,70	0,80
Panel						
Pintu kayu masif	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
9-mm plasterboard di atas reng, rongga udara 18-mm dengan serat kaca.	0,30	0,20	0,15	0,05	0,05	0,05
5-mm plasterboard di atas reng, rongga udara 50-mm.	0,40	0,35	0,20	0,15	0,05	0,05
Langit-langit gantung dari plasterboard.	0,20	0,15	0,10	0,05	0,05	0,05
Rangka-rangka baja	0,13	0,09	0,08	0,09	0,11	0,11
Ventilation grille (per m^2)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
13-mm plasterboard dengan rangka, rongga udara 100 mm dengan serat kaca.	0,30	0,12	0,08	0,06	0,06	0,05
13-mm plasterboard denganrangka, rongga udara 100 mm.	0,08	0,11	0,05	0,03	0,02	0,03
2 × 13-mm plasterboard di atas rangka, rongga udara 50-mm dengan mineral wool.	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
22-mm chipboard di atas rangka, rongga udara 50-mm dengan mineral wool.	0,12	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05
16-mm papan kayu sambungan sistem lidah dan alur, di atas rangka, 50-mm rongga udara dengan mineral wool.	0,25	0,15	0,10	0,09	0,08	0,07
22-mm papan kayu, lebar 100-mm, celah 10-mm, rongga udara 500-mm dengan mineral wool.	0,05	0,25	0,60	0,15	0,05	0,10
Perlakuan						
Tirai dilipat-lipat dekat dinding	0,05	0,15	0,35	0,40	0,50	0,50
25-mm serat kaca, 16 kg/m^3	0,12	0,28	0,55	0,71	0,74	0,83
50-mm serat kaca, 16 kg/m^3	0,17	0,45	0,80	0,89	0,97	0,83
75-mm serat kaca, 16 kg/m^3	0,30	0,69	0,94	1,0	1,0	1,0
100-mm serat kaca, 16 kg/m^3	0,43	0,86	1,0	1,0	1,0	1,0
25-mm serat kaca, 24 kg/m^3	0,11	0,32	0,56	0,77	0,89	0,91
50-mm serat kaca, 24 kg/m^3	0,27	0,54	0,94	1,0	0,96	0,96

	OBCF (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
75-mm serat kaca, 24 kg/m³	0,28	0,79	1,0	1,0	1,0	1,0
100-mm serat kaca, 24 kg/m³	0,46	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50-mm serat kaca, 33 kg/m³	0,20	0,55	1,0	1,0	1,0	1,0
75-mm serat kaca, 33 kg/m³	0,37	0,85	1,0	1,0	1,0	1,0
100-mm serat kaca, 33 kg/m³	0,53	0,92	1,0	1,0	1,0	1,0
50-mm serat kaca, 48 kg/m³	0,30	0,80	1,0	1,0	1,0	1,0
75-mm serat kaca, 48 kg/m³	0,43	0,97	1,0	1,0	1,0	1,0
100-mm serat kaca, 48 kg/m³	0,65	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25-mm Plester akustik, bagian belakangnya masif	0,03	0,15	0,50	0,80	0,85	0,80
9-mm Plester akustik, bagian belakangnya masif	0,02	0,08	0,30	0,60	0,80	0,90
9-mm Plester akustik di atas papan plester, 75-mm rongga udara.	0,30	0,30	0,60	0,80	0,75	0,75
50-mm mineral wool, 33 kg/m³	0,15	0,60	0,90	0,90	0,90	0,85
75-mm mineral wool, 33 kg/m³	0,30	0,85	0,95	0,85	0,90	0,85
100-mm mineral wool, 33 kg/m³	0,35	0,95	0,10	0,92	0,90	0,85
50-mm mineral wool, 60 kg/m³	0,11	0,60	0,96	0,94	0,92	0,82
75-mm mineral wool, 60 kg/m³	0,34	0,95	1,0	0,82	0,87	0,86
25-mm mineral wool, 25-mm rongga udara.	0,10	0,40	0,70	1,0	1,0	1,0
50-mm mineral wool, 50-mm rongga udara.	0,50	0,70	0,90	0,90	0,90	0,80
50 mm mineral wool, (96 kg/m³) di belakang 25% baja berperforasi terbuka 25%.	0,20	0,35	0,65	0,85	0,90	0,80
Permukaan lantai						
Karpet tali	0,05	0,05	0,10	0,20	0,45	0,65
Karpet tipis (6 mm) dengan lapisan dasar.	0,03	0,09	0,20	0,54	0,70	0,72
Karpet tebal (9 mm) dengan lapisan dasar.	0,08	0,08	0,30	0,60	0,75	0,80
Papan lantai kayu di atas rangka lantai.	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Lantai parket di atas rangka kayu dan dek.	0,20	0,15	0,10	0,10	0,05	0,10
Parket dihampar di atas beton.	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Vinyl atau linoleum di atas beton.	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
Vinyl dan lapisan dasar yang lentur di atas beton.	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05	0,10
Lain-lain						
Penonton di atas bangku kayu (1/m²)	0,16	0,24	0,56	0,69	0,81	0,78
Penonton di atas bangku kayu (2/m²)	0,24	0,40	0,78	0,98	0,96	0,87
Penonton per orang, duduk.	0,33	0,40	0,44	0,45	0,45	0,45
Penonton per orang, berdiri.	0,15	0,38	0,42	0,43	0,45	0,45
Tempat duduk berlapis kulit (per m²)	0,40	0,50	0,58	0,61	0,58	0,50
Tempat duduk pakai jok (per m²)	0,44	0,60	0,77	0,89	0,82	0,70
Lantai dan tempat duduk pakai jok (per m²)	0,49	0,66	0,80	0,88	0,82	0,70
Luasan termasuk penonton, orkestra, atau tempat duduk, termasuk gang yang sempit.	0,60	0,74	0,88	0,96	0,93	0,85
Orkestra dengan instrumen musik di atas podium, 1,5 m²/orang.	0,27	0,53	0,67	0,93	0,87	0,80
Faktor ikutan (digunakan untuk permukaan di bawah tempat duduk, koefisien x).	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,20
Udara 30% RH (per m³ sampai 20°C)	–	–	–	0,005	0,01	0,04
Udara 50% RH (per m³ sampai 20°C)	–	–	–	0,005	0,009	0,03
Udara 70% RH (per m³ sampai 20°C)	–	–	–	0,005	0,009	0,03
Perlengkapan kantor (per meja)	0,50	0,40	0,45	0,45	0,60	0,70

Angka di atas 1,0 telah dibulatkan·kebawah menjadi 1,0

INDEKS

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W